



## Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

*Stenagervænget 43*

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 43*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 131

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 43

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels





Måleprogram For  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sektion for Architectural Engineering

**DCE Technical Report No. 131**

# **Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene**

**- Stenagervænget 43**

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet



## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 131

## Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 43, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten "Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri", som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012  
Tine Steen Larsen  
Lektor



## Indholdsfortegnelse

1.	Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima .....	9
1.1	Beboerprofil for Stenagervænget 43 .....	9
2.	Krav til indeklima og energiforbrug .....	11
2.1	Termisk indeklima .....	11
2.2	Atmosfærisk indeklima .....	12
2.3	Dagslys .....	14
2.4	Akustisk indeklima .....	15
2.5	Vurderingskriterier oversigt .....	17
2.6	Energiforbrug .....	18
2.7	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	18
2.8	Overholdelse af passivhus-anbefalingerne .....	18
3.	Beskrivelse af huset .....	19
3.1	Husets varmekorsyning .....	21
3.2	Be06 / PHPP nøgletal .....	22
3.3	Problemer i huset .....	24
4.	Beskrivelse af målinger .....	25
4.1	Løbende målinger .....	25
4.2	Spotmålinger (registreres under enkelt dags besøg i huset) .....	28
4.3	Yderligere målinger/beregninger .....	29
5.	Resultater for indeklima-analyser .....	31
5.1	Termisk indeklima .....	31
5.2	Opsamling: Termisk indeklima .....	41
5.3	Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	43
5.4	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	52
5.5	Atmosfærisk indeklima - fugt .....	54
5.6	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt .....	65
5.7	Dagslysforhold .....	66
5.8	Akustisk indeklima .....	68
6.	Energiforbrug .....	71
6.1	Energiforbrug til rumopvarmning .....	71
6.2	Energiforbrug til el .....	71
6.3	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	72
6.4	Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur .....	73
7.	Installationer .....	75
8.	Kildeliste .....	77
9.	Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering .....	79
9.1	Termisk indeklima .....	79
9.2	Atmosfærisk indeklima .....	79
9.3	Dagslys .....	80
9.4	Akustisk indeklima .....	81
10.	Bilag B – Termisk indeklima .....	85
10.1	Generel situation hele året .....	85
10.2	Sommersituation .....	89
10.3	Vintersituation .....	92
10.4	Forårssituation .....	95
10.5	Efterårssituation .....	98
11.	Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet) .....	103
11.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	103
11.2	Cirkeldiagrammer CR1752 .....	110
12.	Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt) .....	119
12.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	119
12.2	Cirkeldiagrammer CR1752 .....	129

13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP.....	139
14. Bilag F – Ventilationmængde.....	141

## 1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

### 1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 43

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet en familie i det tidsrum, som kan ses farvet på Figur 1.1.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	juni-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	juni-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	juni-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 43 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Familien består af to voksne, som boede i huset i lidt over et år inden måleprogrammets afslutning.



## 2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007]. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

### 2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur [°C]	Sommer		24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
	Vinter		22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

*"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene."* [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal



dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

### 2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

### Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

### Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

### Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

## 2.2 Atmosfærisk indeklima

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

### 2.2.1 CO<sub>2</sub>

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO<sub>2</sub> niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af CO<sub>2</sub> iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO <sub>2</sub> værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO<sub>2</sub> værdier fra DS/EN 15251.

#### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO<sub>2</sub>-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

### 2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO<sub>2</sub>-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

#### Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

### Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

### 2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h<sup>-1</sup>, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m<sup>2</sup> opvarmet etageareal).

### 2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

## 2.4 Akustisk indeklimate

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklimate* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

**2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

**2.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

## 2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO <sub>2</sub>	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

## 2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 43 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

## 2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Lufttæthed	0,6 h <sup>-1</sup> v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

## 2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m <sup>2</sup>
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.



### 3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 43 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra syd vist, hvor de store vinduespartier i stuerne er synlige. På Figur 3.2 er huset vist fra nordøst, hvor indgangsdøren kan ses sammen med vinduesplaceringen på nordsiden. Huset er opført i 2 plan.



Figur 3.1: Stenagervænget 43 fra syd.

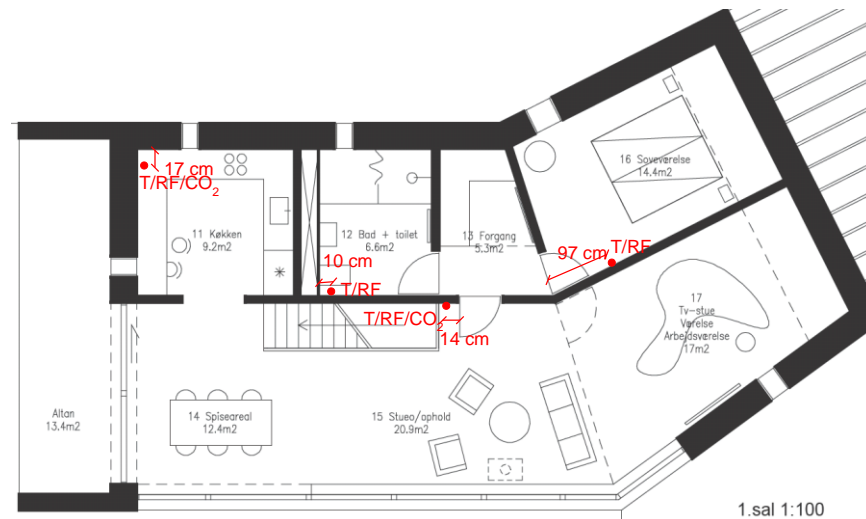
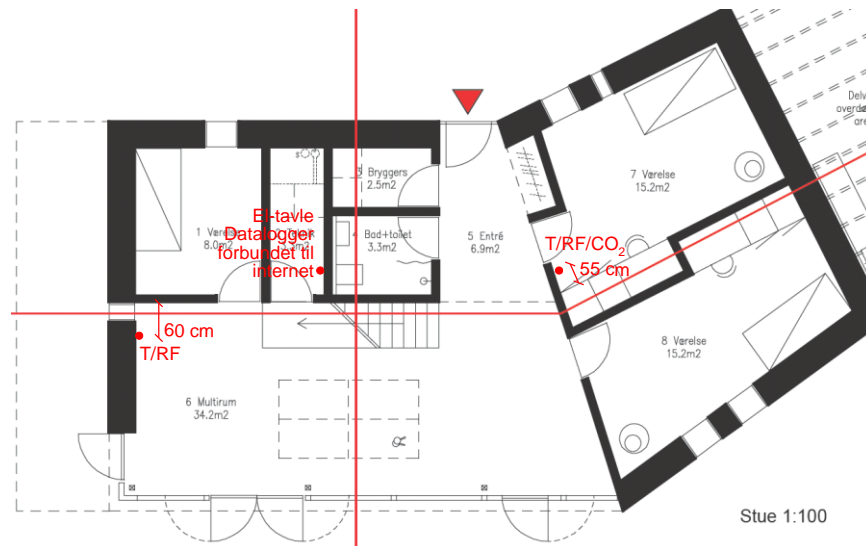


Figur 3.2: Stenagervænget 43 fra nordøst.

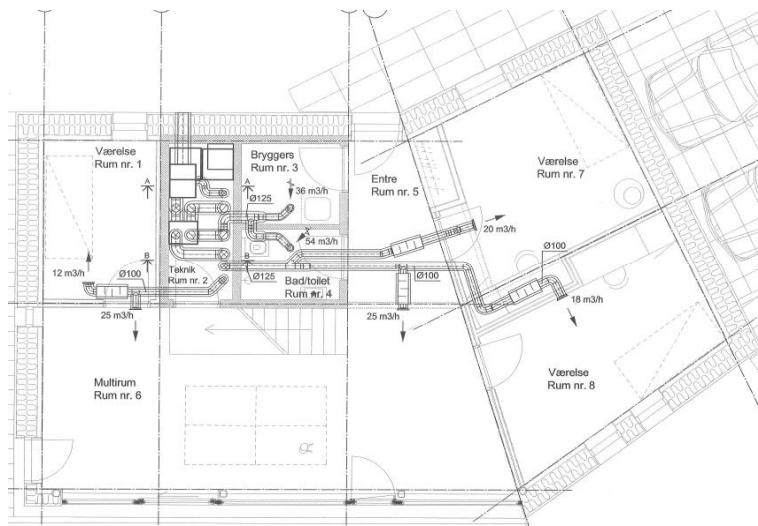
De store vinduespartier mod syd er placeret i husets stuer. Konstruktionen er lavet så 1. sal delvist afskærmer for vinduerne i stueplan. Der er monteret automatisk solafskærmning i de store vinduespartier.

Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Der er i huset forberedt el til CO<sub>2</sub>-målere. Placering af målere til indeklima-målinger ses på Figur 3.3 og Figur 3.4. Internetstik er placeret i bryggers.

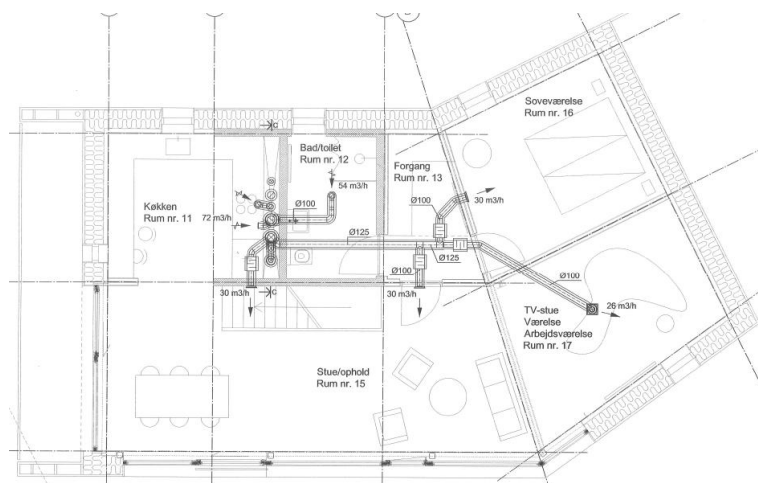




Placering af ventilationskanaler er angivet på Figur 3.5 og Figur 3.6. Indblæsning/udsugning over døre. Indtag/afkast er placeret i ydervæg. Udsugning i begge badeværelser, bryggers samt køkken



Figur 3.5. Placering af ventilationskanaler, stueetage.



Figur 3.6. Placering af ventilationskanaler, 1. sal.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

### 3.1 Husets varmforsyning

I huset er der installeret et PAUL Atmos 175 ventilationsanlæg kombineret med jordvarmeanlæg, som illustreret i Figur 3.7. Jordvarmepumpe forprioriterer varmt brugsvand. Ventilationsanlægget er behovstyret ud fra tryk-knap der angiver ude/hjemme. Desuden kan systemet slukkes helt i sommerperioden, hvor der i stedet ventileres naturligt. Luftmængden varierer i trin. Pumpe P1 til forvarmeflade opstartes ved udetemperatur < 0°C.

Følere til registrering af lufttemperaturer i ventilationsluft placeres udenfor anlæg, da indbygning ikke er mulig.



Nøgletal, kWh/m<sup>2</sup> år

Energiramme		
BR: 80,3	Klasse 2: 57,5	Klasse 1: 40,1

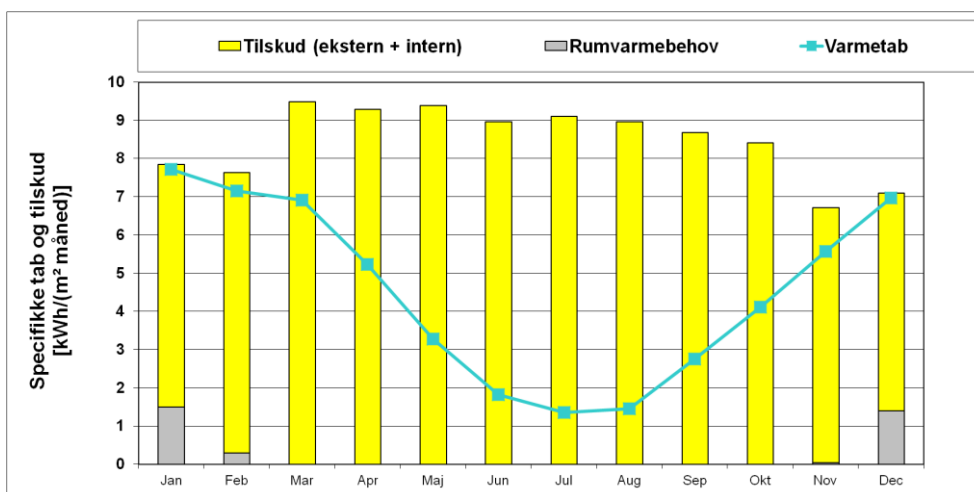
Samlet Energibehov 28,9

Bidrag til energibehovet		Netto behov	
Varme	0,0	Rumopvarmning	3,3
El til bygningsdrift	11,6 *2,5	Varmt brugsvand	20,3
Overtemp. i rum	0,0	Køling	0,0

Udvalgte elbehov		Varmetab fra installationer	
Belysning	0,0	Rumopvarmning	0,0
Opvarmning af rum	0,0	Varmt brugsvand	8,6
Opvarmning af vbv	0,0		
Varmepumpe	7,9	Ydelser fra særlige kilder	
Ventilatorer	2,9	Solvarme	0,0
Pumper	0,8	Varmepumpe	23,5
Køling	0,0	Solceller	0,0
Totalt elforbrug	42,2		

Figur 3.8: Be06 nøgletal.

Som det fremgår af figuren, overholder huset lavenergiklasse 1 med en stor margin. Det er synligt at huset får alt energi fra el til bygningsdrift, hvilket i dette tilfælde vil sige varmepumpen. Endvidere bemærkes det, at opvarmningsbehovet for huset er markant mindre end den mængde energi der skal bruges til varmt brugsvand. Det lave opvarmningsbehov er også illustreret på Figur 3.9, hvor varmebalancen er vist.



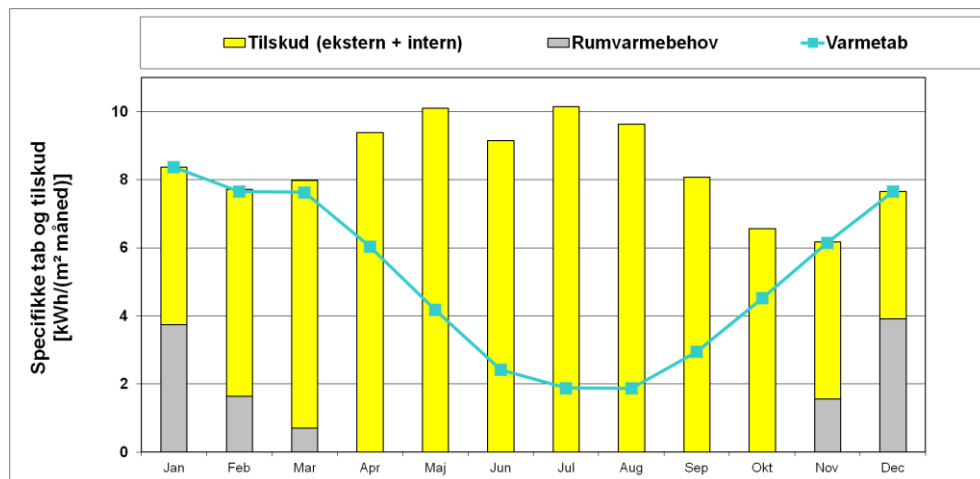
Figur 3.9: Varmebalance fra Be06 beregning.

Tilskuddet til huset overstiger i de fleste måneder varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar og december. Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.10 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.11.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area				
Treated Floor Area:	<div>161,8</div>	m <sup>2</sup>		
Applied:	Monthly Method		PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	12	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,6	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	100	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	59	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Heating Load:	12	W/m <sup>2</sup>		
Frequency of Overheating:	0	%	over <div>25</div> °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Cooling Load:	9	W/m <sup>2</sup>		

Figur 3.10: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m<sup>2</sup> år og den primære energi under 120 kWh/m<sup>2</sup>. Utætheden på bygningen er under 0,6 h<sup>-1</sup> og overtemperaturstimer over 25°C er under 10 % af tiden.



Figur 3.11: Varmebalance fra PHPP beregning.

Varmebalancen fra PHPP-beregningen viser de samme tendenser som Be06 beregningen med varmetab og tilskud til bygningen. PHPP viser dog et mindre varmetab og tilskud, mens et større rumvarmebehov er tilføjet. Dette skyldes bl.a. forskellen i angivelse af intern belastning i de to programmer.

### 3.3 Problemer i huset

De udvendige persienner, kører automatisk op ved et vist vindtryk (som beskyttelse mod skader). Beboerne syntes den kørte for meget op og ned. Leverandøren (Faber) rettede lidt på indstillingerne men advarede mod at det kunne give bøvl, hvilket kom til at passe. Beboerne synes det er svært at håndtere og har valgt at styre dem manuelt. Solafskærmningen er derfor altid nede når beboerne er ude af huset, og også rigtigt tit når de er hjemme, fordi beboerne også bruger den som afskærmning mod naboindblik.

## 4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

### 4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklimate målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 43.

#### 4.1.1 Måling af indeklimate

Registrering af indeklimate foregår med trådløse følere. Dog skal CO<sub>2</sub>-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Termisk og atmosfærisk indeklimate:				
Det termiske indeklimate omfatter temperaturfordelingen i huset. Det atmosfæriske indeklimate omfatter luftkvaliteten i huset	<b>IT43_01:</b> Temperaturmåling <b>IF43_01:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC43_01:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-43EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9298	Køkken, 1.sal	AAU
	<b>IT43_02:</b> Temperaturmåling <b>IF43_02:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC43_02:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-43EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9299	Værelse, st.	AAU
	<b>IT43_03:</b> Temperaturmåling <b>IF43_03:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC43_03:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-43EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9300	Stue, 1. sal	AAU
	<b>IT43_04:</b> Temperaturmåling <b>IF43_04:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC43_04:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9053	Baderum, 1.sal	AAU
	<b>IT43_05:</b> Temperaturmåling <b>IF43_05:</b> Måling af relativ fugtighed.	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9052	Soveværelse, 1.sal	AAU
	<b>IT43_06:</b> Temperaturmåling <b>IF43_06:</b> Måling af relativ fugtighed.	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9054	Multirum, st.	AAU
	<b>IT43_07:</b> Temperaturmåling <b>IF43_07:</b> Måling af relativ fugtighed.			

#### 4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVARLIG
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer brugsvand, vand til forvarmeplade samt gulvvarme og radiatorer.	<b>EL43_12:</b> Elforbrug til kompressor til jordkreds samt pumpe på jordkreds  <b>EL43_09:</b> Elforbrug til pumpe til forvarmeplade, P1	Bi-måler  Bi-måler	Elskab  Elskab	Rambøll  Rambøll
Rumopvarmning/ventilation				
Rummene opvarmes af gulvvarme og håndklædetørrer (kun 1.sal) (i baderum) og radiatorer. Radiatorer forbundet til buffertank. Varmetab fra buffertank medregnes på radiator kredse.	<b>EN43_04:</b> Energi leveret til gulvvarme og håndklædetørrer, dvs. flow i gulvkreds ( <b>EN43_01Qv</b> ) samt temperaturforskelle over frem- og returløb ( <b>EN43_01T</b> )  <b>EN43_06:</b> Energi leveret til Radiatorer. Dette registreres via flow til radiatorer ( <b>ENXX_06Qv</b> ) samt temperaturdifferens på fremløb ( <b>ENXX_06Tv</b> ) og retur ( <b>ENXX_06Tk</b> )  <b>EN43_07:</b> Total energi leveret til gulvvarmekreds, radiator kredse samt buffertank, dvs. flow i varmekreds ( <b>EN43_07Qv</b> ) samt temperaturforskelle over frem- og returløb ( <b>EN43_07T</b> )  <b>B_EN43_09:</b> Leveret varme fra forvarmeplade i ventilationsanlæg.  Der måles følgende temperaturer i aggregat: <b>AT43_01:</b> Indblæsning inden veksler <b>AT43_14:</b> Indblæsningsluft <b>AT43_12:</b> Udsugningsluft <b>AT43_11:</b> Afkastluft	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h  Brunata HGQ3 Vurderet maks. flow < 1200 l/h  Brunata HGQ3 Vurderet maks. flow < 1200 l/h  Beregnes via luftmængde ( <b>AL43_01</b> ), udeluftens temperatur ( <b>UD00_01</b> ) og indblæsningstemperatur inden veksler ( <b>AT43_01</b> )  Termoelementer/føle	På kreds til gulvvarme  På kreds til radiatorer  På kreds til radiator samt gulvvarme  OEMS  Se tegning med aggregat  Se tegning med aggregat	Rambøll  Rambøll  Rambøll  TRE-FOR  AAU  AAU

	<p>Der måles følgende fugtindhold i aggregat:</p> <p><b>AF43_01:</b> Indblæsning inden veksler</p> <p><b>AF43_14:</b> Indblæsningsluft</p> <p><b>AF43_12:</b> Udsugningsluft</p> <p><b>AF43_11:</b> Afkastluft</p> <p><b>EL43_08:</b> El-forbrug ventilatorer</p> <p><b>B_AL43_01:</b> Luftmængde</p> <p><b>AC43_01:</b> CO<sub>2</sub>-niveau i udsugningsluft</p>	<p>Fugtfølere monteret på Eltek transmitter T-10933</p> <p>Bi-måler</p> <p>Beregnes registrering ventilator-trin (<b>AL43_02</b>)</p> <p>???</p>	<p>Elskab</p> <p>I aggregat</p> <p>Se tegning med aggregat</p>	<p>Rambøll</p> <p>TRE-FOR</p> <p>AAU</p>
<b>Varmt brugsvand</b>				
<p>Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeholderen.</p> <p>Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP-værdi.</p>	<p><b>EN43_02:</b> Leveret varme til varmtvandsbeholder .</p> <p>Dette registreres via flow i varmespiral (ENXX_02Qv) samt temperaturdifferens (ENXX_02Tk) og (ENXX_02Tv).</p> <p><b>EN43_01:</b> Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder (<b>EN43_01Qv</b>). Der måles leveret vandmængde og temperaturdifferens på koldt vand (<b>EN43_01Tk</b>) leveret til beholderen og varmt vand (<b>EN43_01Tv</b>) tappet fra beholderen</p>	<p>Brunata HGQ3</p> <p>Brunata HGQ1</p> <p>Vurderet maks. flow = 0,3 l/s = 1080 l/h</p> <p><math>\Delta T = 55^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}</math></p>	<p>På rør til varmespiral</p> <p>På varmt brugsvand, varmt rør jf diagram</p>	<p>Rambøll</p> <p>Rambøll</p>



Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
<b>El-forbrug</b>				
For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el-forbruget i husholdningen.	<b>EL43_02:</b> El-forbrug hårdehvidevarer  <b>EL43_01:</b> Totalt el-forbrug  <b>B_EL43_03:</b> El-forbrug belysning/andet	Bi-måler  Hovedmåler  <b>B_EL43_03</b> = EL43_01-(EL43_02+sum(EL43_04:EL43_15))	Elskab  Elskab	TRE-FOR  Bygherre
<b>Automatik</b>				
Tebis styringer herunder persiennestyring, aktuatorer til varmesystemer	<b>EL43_15:</b> El-forbrug til automatik	Bi-måler	Elskab	Rambøll

#### 4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

### 4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

#### 4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBi-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

#### 4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklime og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

#### 4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

#### **4.3 Yderligere målinger/beregninger**

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklima.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.



## 5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

### 5.1 Termisk indeklima

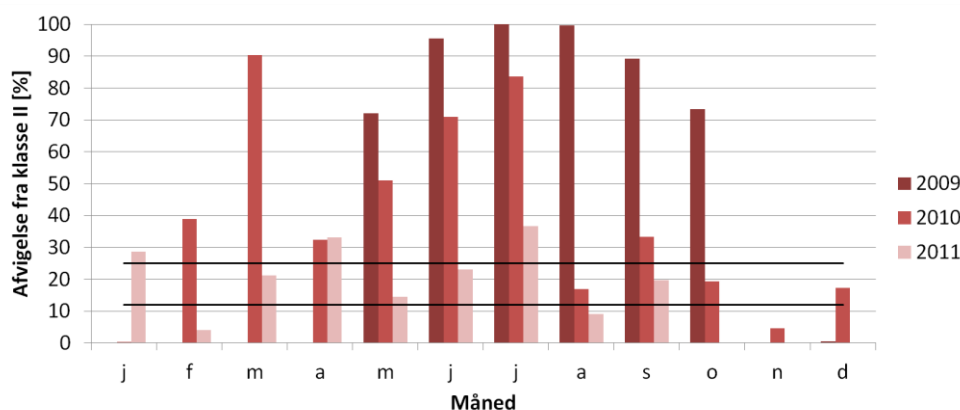
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

#### 5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.6. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.7. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	72	96	100	100	89	73	0	1
2010	0	39	90	32	51	71	84	17	33	19	5	17
2011	29	4	21	33	15	23	37	9	20	-	-	-

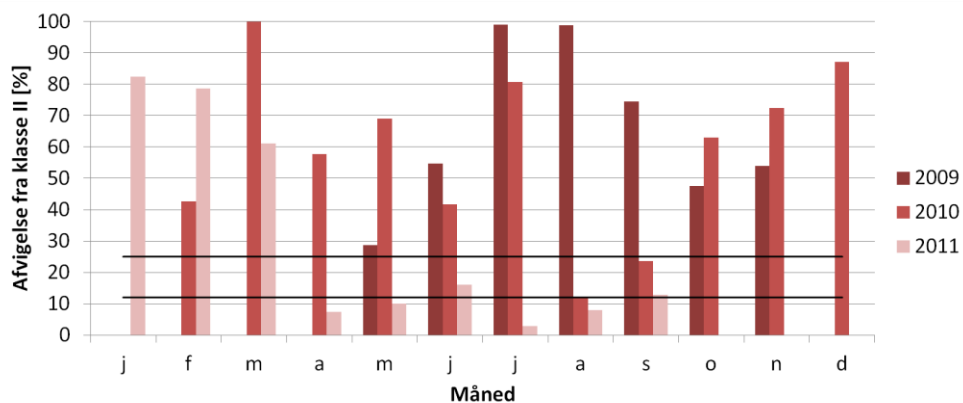
Tabel 5.1: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken, 1. sal.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	29	55	99	99	74	48	54	0
2010	0	43	100	58	69	42	81	12	24	63	72	87
2011	82	79	61	7	10	16	3	8	13	-	-	-

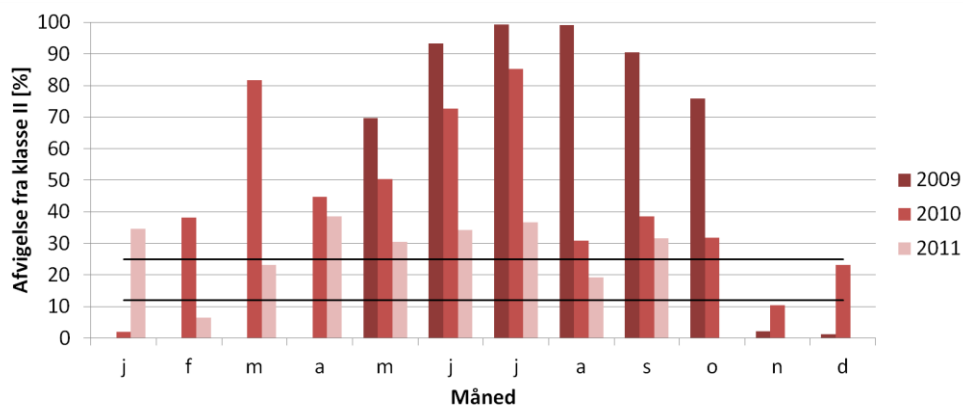
Tabel 5.2: Afbigelse i procent fra kategori II for værelse, nordøst, stueplan.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	70	93	99	99	91	76	2	1
2010	2	38	82	45	50	73	85	31	38	32	10	23
2011	35	7	23	39	31	34	37	19	32	-	-	-

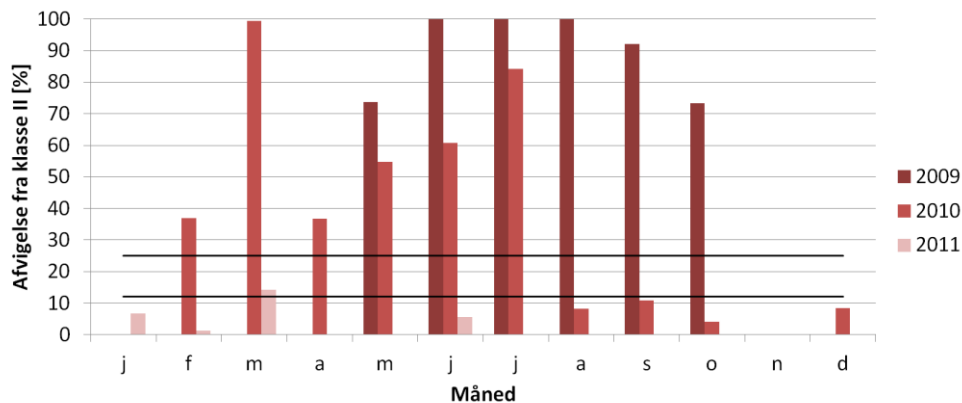
Tabel 5.3: Afbigelse i procent fra kategori II for stue, 1. sal.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for stue, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	74	100	100	100	92	73	0	0
2010	0	37	99	37	55	61	84	8	11	4	0	8
2011	7	1	14	0	0	6	0	0	0	-	-	-

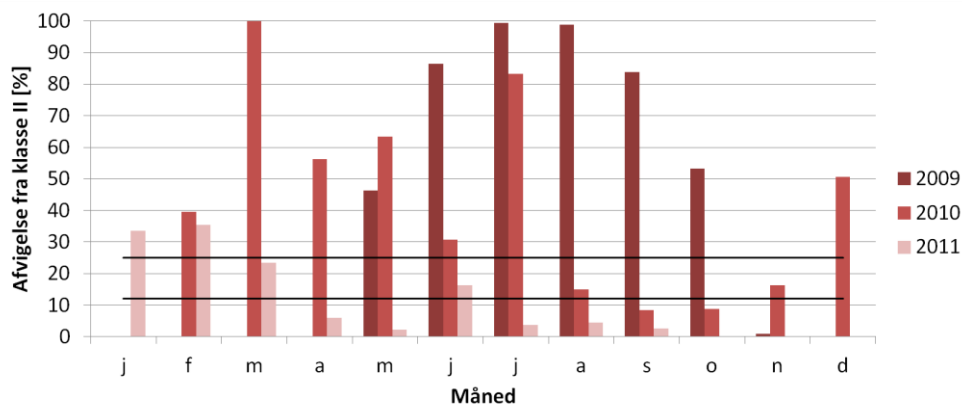
Tabel 5.4: Afvigelse i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.4: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for baderum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	46	87	99	99	84	53	1	0
2010	0	40	100	56	63	31	83	15	8	9	16	51
2011	33	35	23	6	2	16	4	4	3	-	-	-

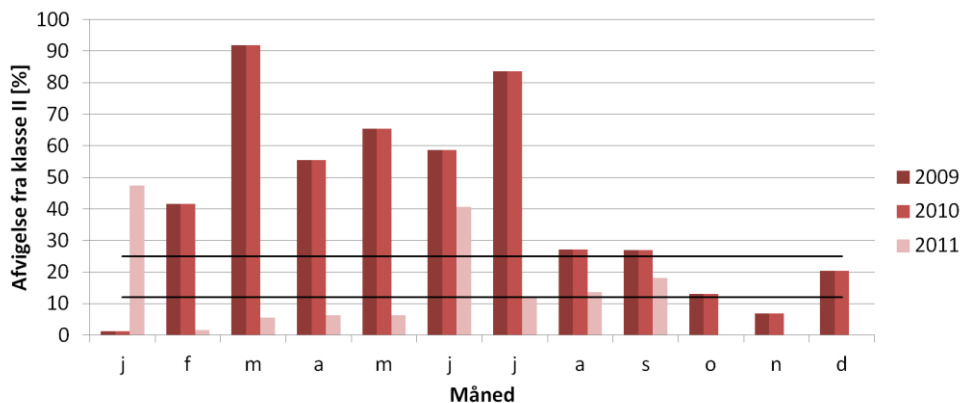
Tabel 5.5: Afvigelse i procent fra kategori II for soveværelse, 1. sal.



Figur 5.5: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for soveværelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	49	64	98	99	75	58	1	0
2010	1	42	92	55	65	59	84	27	27	13	7	20
2011	47	2	6	6	6	41	12	14	18	-	-	-

Tabel 5.6: Afbigselser i procent fra kategori II for multirum, stueplan.



Figur 5.6: Grafisk illustration af afvigelse i procent fra kategori II for multirum.

Ud fra ovenstående figurer fremgår det, at der er et acceptabelt termisk indeklima i huset i de fleste rum i den periode hvor huset har været beboet (markeret med gråt i tabellerne). Der er en tendens til overtemperaturer i sommerperioden, hvor stue og køkken på 1. sal er de rum, der afviger mest fra kat. II. Resultaterne vil blive diskuteret yderligere i afsnit 5.2.

Vurderes resultaterne på årsbasis (jf Tabel 5.7) ses, at kun baderummet et enkelt år overholder de anbefalede 3% hhv 5%.

	2009	2010	2011
Køkken, 1. sal	48	32	6
Værelse, st	38	51	21
Stue, 1.	48	34	9
Baderum, 1.	49	32	2
Soveværelse, 1.	40	36	8
Multirum, st	38	34	7

Tabel 5.7: Samlet årsoversigt over afvigelse i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C

### 5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.8 til Tabel 5.13 på månedsniveau. Tabel 5.14 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	16	1	0
	>25 [%]	-	-	-	-	83	100	100	100	96	68	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	521	688	744	741	643	384	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	359	635	716	726	553	202	0	0
2010	<19 [h]	0	233	573	132	259	0	0	0	0	1	0	69
	<20 [h]	0	261	672	218	365	0	0	0	0	1	0	98
	>25 [%]	0	0	0	0	0	90	82	20	18	8	2	2
	>26 [h]	0	0	0	0	0	506	581	25	47	27	3	4
	>27 [h]	0	0	0	0	0	354	566	1	19	13	0	0
2011	<19 [h]	66	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	183	0	0	0	0	0	13	0	0	-	-	-
	>25 [%]	1	2	12	8	18	44	23	19	13	-	-	-
	>26 [h]	0	3	40	9	21	152	28	22	9	-	-	-
	>27 [h]	0	0	22	0	5	82	5	0	0	-	-	-

Tabel 5.8: Over- og undertemperaturstimer for køkken/alrum.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	5	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	61	388	0
	>25 [%]	-	-	-	-	46	86	100	100	90	41	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	162	394	737	736	536	138	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	70	240	632	649	376	62	0	0
2010	<19 [h]	0	268	717	206	389	0	3	12	65	147	96	469
	<20 [h]	0	287	744	416	513	0	16	42	123	448	520	648
	>25 [%]	0	0	0	0	0	26	77	2	4	2	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	135	568	0	8	7	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	70	565	0	2	2	0	0
2011	<19 [h]	317	231	129	1	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	611	528	455	48	74	0	0	0	93	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	3	1	3	0	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	0	6	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.9: Over- og undertemperaturstimer for værelse.



		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	46	9	0
	>25 [%]	-	-	-	-	81	98	100	100	94	67	1	1
	>26 [h]	-	-	-	-	483	672	739	738	652	386	3	5
	>27 [h]	-	-	-	-	352	584	682	705	556	245	0	3
2010	<19 [h]	0	222	478	117	246	0	0	0	0	1	0	65
	<20 [h]	0	251	601	226	322	0	0	0	0	2	0	94
	>25 [%]	1	0	0	4	2	88	83	27	27	18	6	6
	>26 [h]	4	0	0	9	0	515	586	95	113	83	24	28
	>27 [h]	2	0	0	1	0	382	570	34	72	54	16	16
2011	<19 [h]	0	222	478	117	246	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	251	601	226	322	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	1	0	0	4	2	88	83	27	27	-	-	-
	>26 [h]	4	0	0	9	0	515	586	95	113	-	-	-
	>27 [h]	2	0	0	1	0	382	570	34	72	-	-	-

Tabel 5.10: Over- og undertemperaturstimer for stue.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	12	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	81	100	100	100	100	68	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	547	720	744	744	663	448	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	307	662	744	744	630	287	0	0
2010	<19 [h]	0	229	652	150	296	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	0	248	740	265	408	0	0	0	0	1	0	0
	>25 [%]	0	0	0	0	0	82	87	10	10	11	26	68
	>26 [h]	0	0	0	0	0	420	627	0	13	25	0	62
	>27 [h]	0	0	0	0	0	219	599	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	43	57	54	22	56	64	28	12	2	-	-	-
	>26 [h]	44	9	106	0	0	40	0	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	23	0	0	9	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.11: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	5	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	61	6	0
	>25 [%]	-	-	-	-	64	96	100	100	91	59	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	266	623	739	736	602	189	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	106	390	601	611	403	39	0	0
2010	<19 [h]	0	247	730	214	366	0	0	0	0	1	18	175
	<20 [h]	0	266	744	405	471	0	0	4	7	7	117	376
	>25 [%]	0	0	0	0	0	49	80	0	2	1	0	0
	>26 [h]	0	0	0	0	0	192	573	0	1	3	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	103	559	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	64	43	5	17	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	249	238	174	34	1	0	13	3	7	-	-	-
	>25 [%]	0	0	0	0	0	6	1	0	0	-	-	-
	>26 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.12: Over- og undertemperaturstimer for soveværelse.

		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	10	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	45	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	57	0	100	100	90	44	1	0
	>26 [h]	-	-	-	-	284	0	729	733	540	216	2	0
	>27 [h]	-	-	-	-	190	0	657	663	411	157	0	0
2010	<19 [h]	0	260	613	207	338	0	0	0	0	1	0	83
	<20 [h]	2	279	683	355	487	0	1	1	30	7	4	98
	>25 [%]	1	0	0	2	0	0	81	10	13	8	2	0
	>26 [h]	0	0	0	1	0	0	589	27	59	37	11	0
	>27 [h]	0	0	0	0	0	0	577	8	43	20	7	0
2011	<19 [h]	202	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	272	0	3	13	1	0	9	0	117	-	-	-
	>25 [%]	3	0	3	1	3	0	4	5	1	-	-	-
	>26 [h]	17	0	7	4	3	0	6	18	0	-	-	-
	>27 [h]	6	0	5	0	0	0	1	11	0	-	-	-

Tabel 5.13: Over- og undertemperaturstimer for multirum.

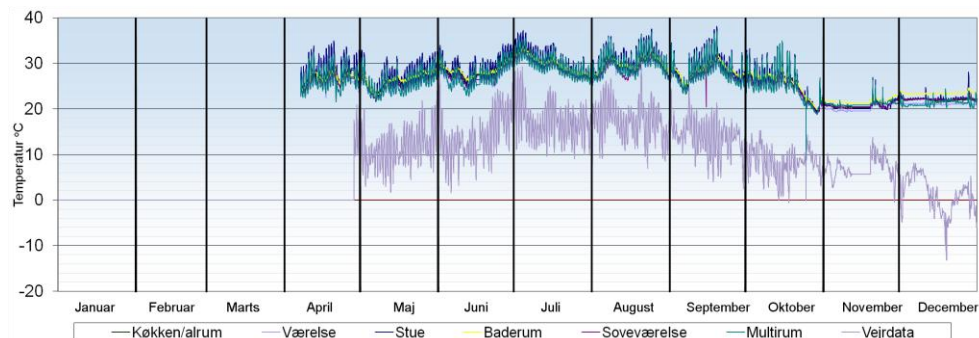
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/ alrum	2009	0	16	52	4216	3578
	2010	1266	1614	19	1193	953
	2011	66	0	27	703	93
Værelse	2009	4	448	43	2865	2079
	2010	2371	3756	9	718	639
	2011	678	1809	1	6	0
Stue	2009	0	54	52	4157	3505
	2010	1128	1495	22	1457	1147
	2011	91	199	15	600	280
Baderum	2009	0	11	52	4316	3661
	2010	1327	1661	25	1147	818
	2011	0	0	29	199	32
Sove- værelse	2009	4	66	48	3470	2266
	2010	1750	2396	11	769	662
	2011	129	719	1	0	0
Multirum	2009	9	44	45	3247	2631
	2010	1501	1946	14	1001	882
	2011	202	415	4	173	88

Tabel 5.14: Årsværdier for over- og undertemperaturstimer.

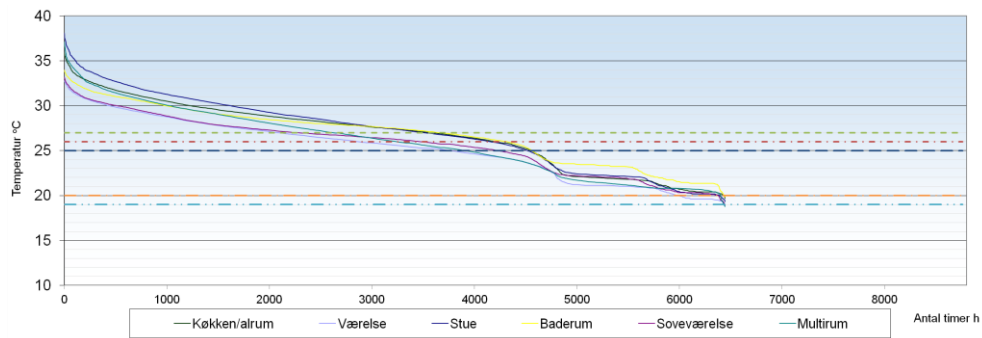
### 5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan indetemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

#### 2009

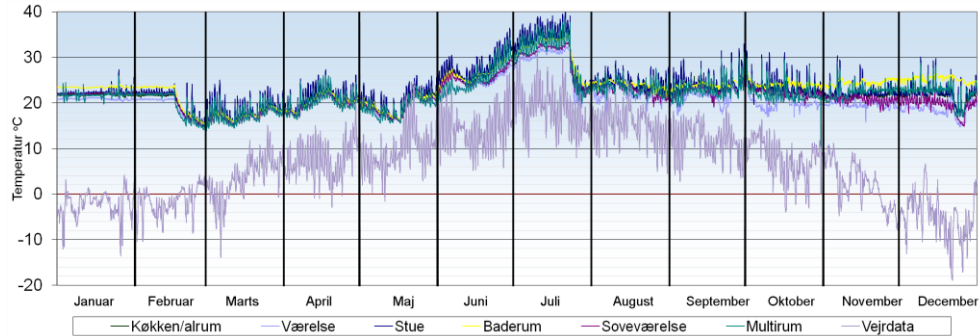


Figur 5.7 Temperaturer i de enkelte rum for 2009.

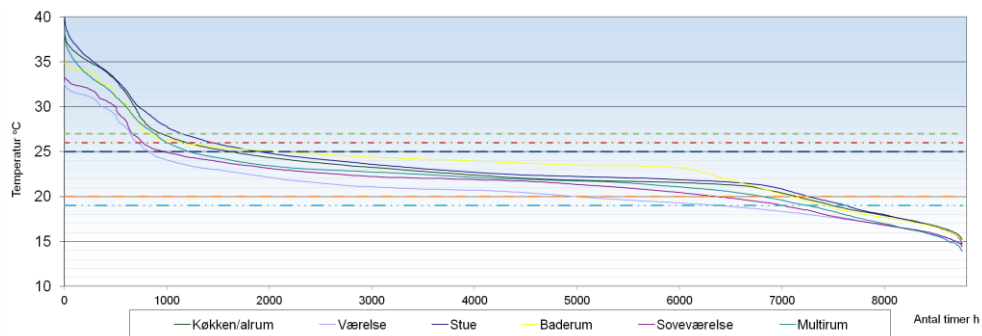


Figur 5.8 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2009.

2010

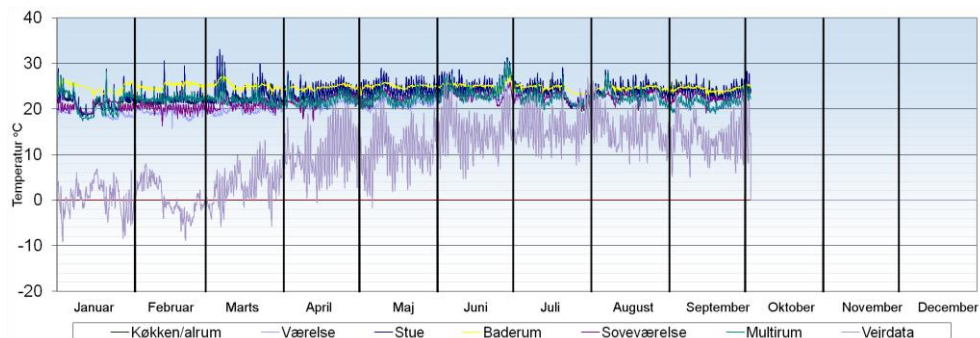


Figur 5.9 Temperaturer i de enkelte rum for 2010.

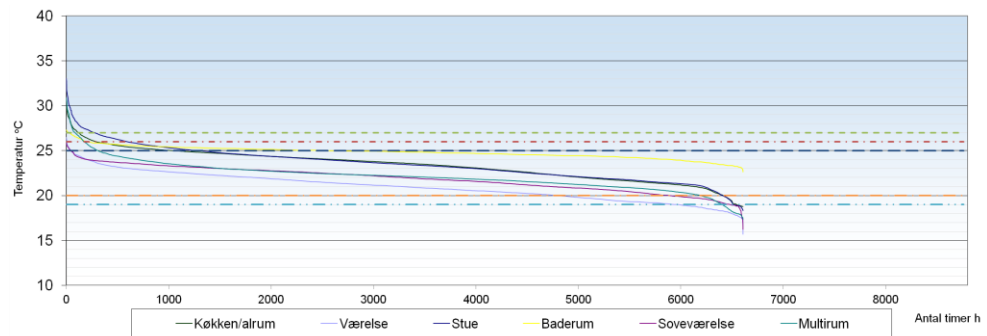


Figur 5.10 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.11 Temperaturer i de enkelte rum for 2011.



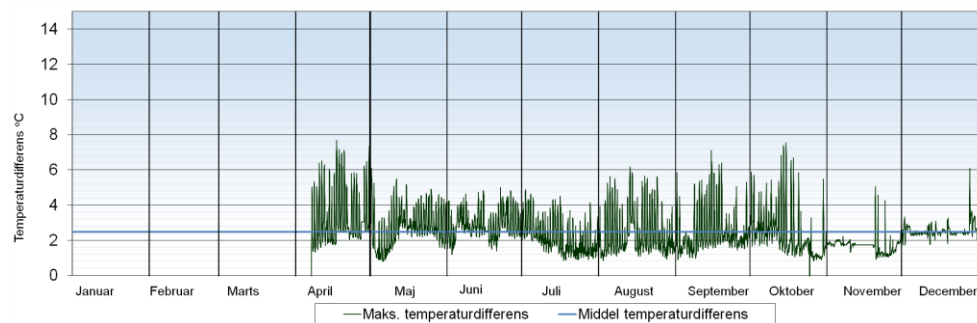
Figur 5.12 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2011.

Huset står tomt indtil august 2010, men kan i den ubeboede periode opretholde en rumtemperatur på min. 20°C uden intern belastning hvilket viser, at der er tilstrækkelig kapacitet i varmeanlægget. I den periode hvor huset er beboet, ligger rumtemperaturen meget jævnt hen over året. Badeværelset er varmest og soveværelset holdes koldere end de øvrige rum i den periode af året hvor dette er muligt. Der er ikke store udsving i temperaturen i sommermånederne hvilket tyder på en effektiv solafskærmning.

#### 5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

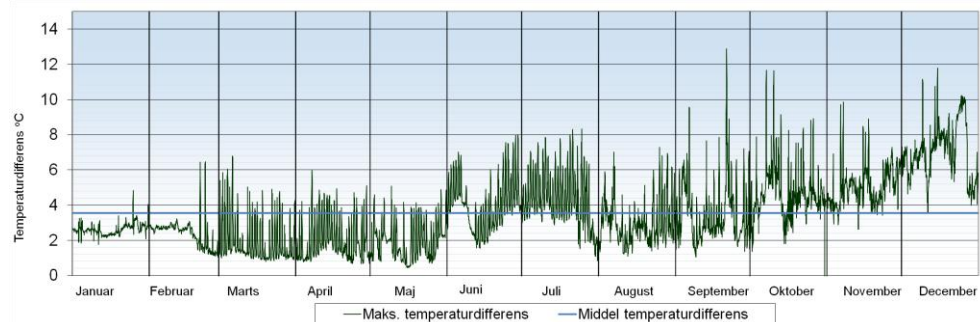
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varieres efter antallet af personer i et rum. De følgende figurer viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.

#### 2009



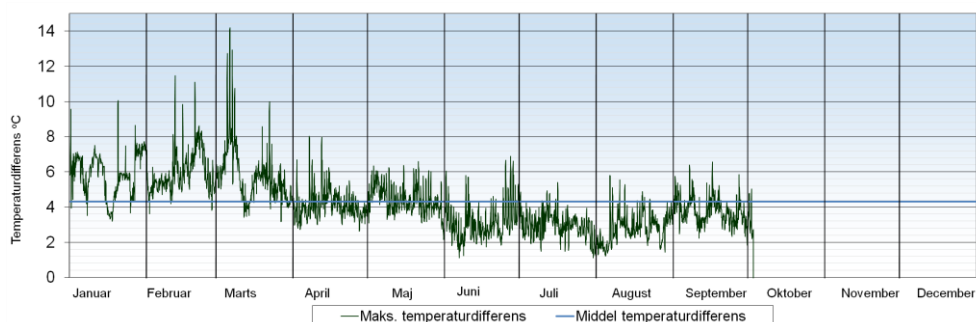
Figur 5.13 Maksimal temperatur i mellem rummene for 2009.

#### 2010



Figur 5.14 Maksimal temperatur i mellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.15 Maksimal temperatur i mellem rummene for 2011.

## 5.2 Opsamling: Termisk indeklima

Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

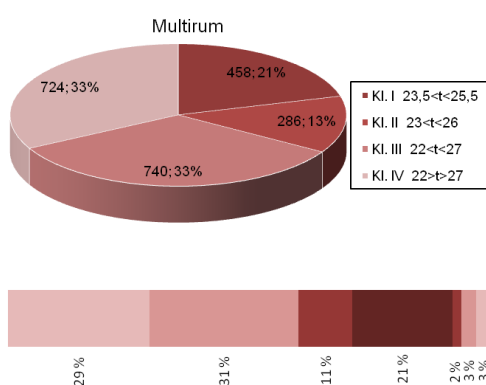
### 5.2.1 Termisk funktion

#### Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårs måneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Kategori II opnås i min. 90% af tiden i alle rum på nær det nordøst vendte værelse, hvor det kun er 74% af tiden der overholder kategori II. Afvigelser fra kat. II skyldes temperaturer under 20°C.

#### Sommersituation

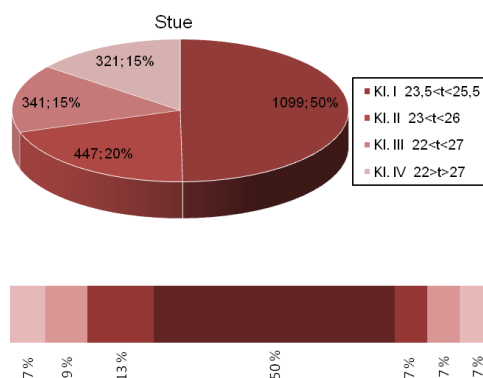
Huset er kun vurderet ud fra sommeren 2011, da dette er den eneste periode hvor huset har været fuldt beboet.



Figur 5.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2011.

Der er i sommerperioden stor variation mellem den termiske komfort i husets rum. Husets underetage er køligere end overetagen, hvilket også ses på antal timer i kat. II. I disse rum opnås kat. II kun i ca. 25% af tiden. Den øvrige tid ligger temperaturen på den lave side af kat. II, hvilket vil sige under 23°C. Dette er illustreret for multirummet i figuren til venstre.

De køligere temperaturer kan skyldes, at solafskærmningen aktiveres lidt for tidligt, men det kan også skyldes, at beboerne netop foretrækker de kølige temperaturer, og dermed sikrer en aktiv solafskærmning inden der kommer sol ind af vinduerne.

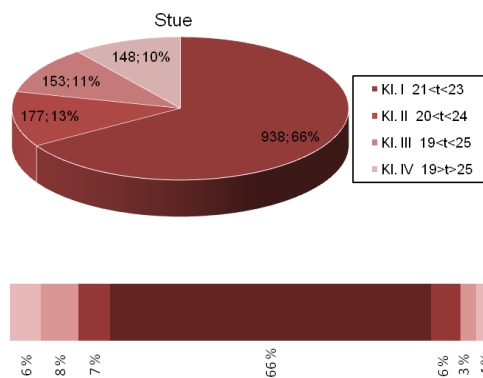


Figur 5.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### Efterårssituation

Efteråret fungerer godt i huset, og ligner meget forårssituationen. Dog er værelserne i stueplan en anelse koldere end på 1. sal.

### Vintersituation



Figur 5.18: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

I stue og køkken på 1. sal opnås kat. II ca 75% af tiden. I disse rum er afvigelserne fra kat. II ligeligt fordelt på den varme og kolde side. Dette fremgår af figuren til venstre.

For vinterperioden vurderes kun 2011, da det er den eneste periode huset har været beboet hele perioden. I denne periode opnås kat. II i ca 75% af tiden, dog mindre i værelset mod nordøst. Da huset kun er beboet af to voksne kan dette skyldes, at værelset ikke bruges til daglig af husets beboere, men er lukket af fra resten af huset. Afvigelser fra kat. II i husets øvrige rum er ligeligt fordelt på højere og lavere temperaturer set ift kat. II. Dette er illustreret i figuren tv.

### 5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

#### DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energinetralt byggeri.

Der er i huset et godt termisk indeklima i huset i de fleste rum i den periode hvor huset har været beboet. Der er en tendens til afvigelse fra komfortintervallet i sommerperioden, men det er til den kølige side hvilket tyder på en effektiv solafskærmning. Ønsker beboerne en højere temperatur i denne periode, kan solafskærmningen blot reduceres.

Vurderes resultaterne på årsbasis ses, at kun baderummet et enkelt år overholder de anbefalede 3%. De øvrige rum har moderate afvigelser fra

de 5% undtaget værelset. Det tyder på, at dette værelse ikke er i brug til daglig.

### Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes det kritiske rum at være hhv. stuen på 1. sal og multirummet i stueplan, da begge rum er sydvendte med store vinduespartier. Der er i 2011, som er det eneste år med fuld beboelse, registreret 600 timer over 26°C og 280 timer over 27°C i stuen, og 173 timer over 26°C og 88 timer over 27°C i multirummet.

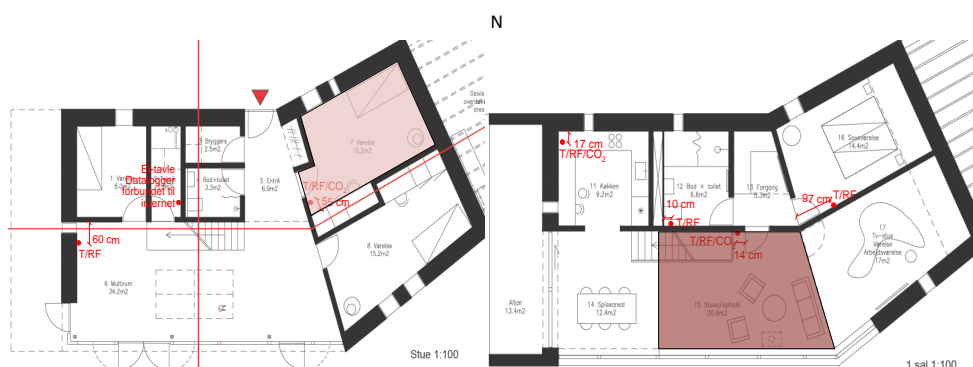
Ud fra ovennævnte antal timer kan det derfor konkluderes, at huset ikke kan leve op til de krav det i dag stilles til indeklima i lavenergibyggeri.

### PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 5.1.2 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2011 overholder de 10% i multirum, soveværelse, værelse, men har temperaturer over 25°C i op til 27% af tiden i køkkenet og lidt mindre i de øvrige rum.

### 5.2.3 Kritiske rum

Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger i de pågældende rum og er foretaget på årsbasis. Oversigten er baseret på samtlige rum i boligen, hvori der måles temperaturer.



5.19 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2010 og 2011.

### 5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder CO<sub>2</sub>-niveauet i bygningen, som vurderes i dette afsnit. Desuden vil luftskiftet i bygningen blive vurderet sidst i dette afsnit.

Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO<sub>2</sub>-niveauet i bygningen



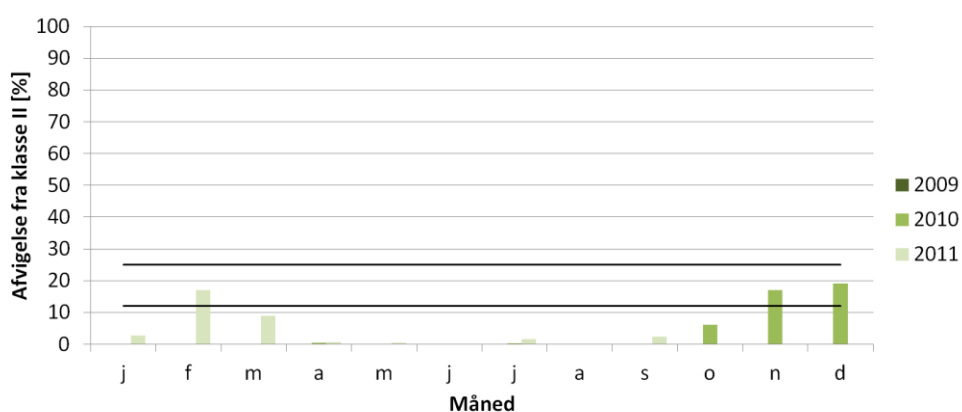
findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

### 5.3.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.15 og Tabel 5.17. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.18. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklime (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	17	19
2011	3	17	9	1	0	0	2	0	2	-	-	-

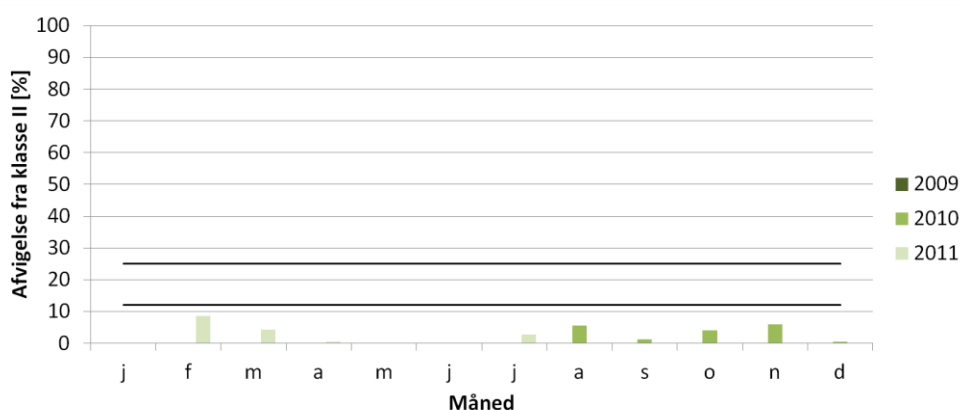
Tabel 5.15: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.20: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	6	1	4	6	1
2011	0	9	4	0	0	0	3	0	0	-	-	-

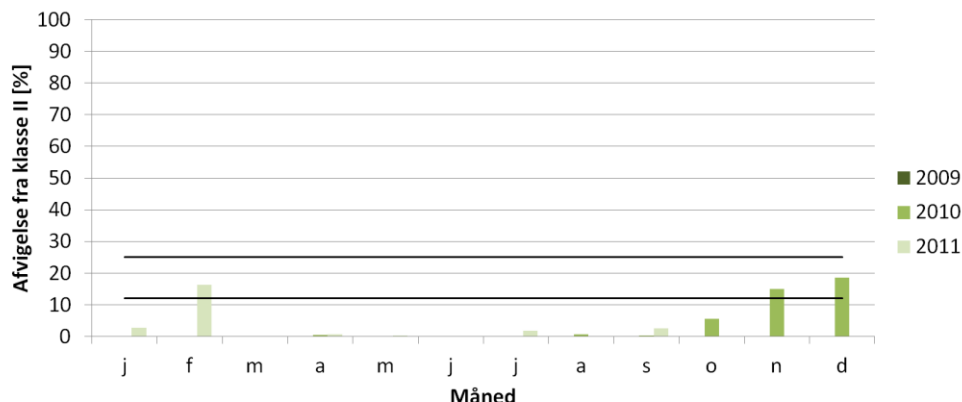
Tabel 5.16: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.21: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	1	0	0	0	1	0	6	15	19
2011	3	16	0	1	0	0	2	0	3	-	-	-

Tabel 5.17: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.22: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelserne fra kategori II er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er meget lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Dog er afvigelserne meget begrænsede i omfang og alle afvigelser er mindre end de anbefalede 25%. Ved vurdering af værdierne over året (jf nedenstående tabel) er alle rum under de anbefalede 5%.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	0	4	3
Værelse	0	1	2
Stue	0	3	3

Tabel 5.18: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/alrum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
	Værelse	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	3	0
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
2011	Køkken/alrum	0	3	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Værelse	0	4	1	0	0	0	2	0	0	-	-	-
	Stue	0	3	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.19: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

Ovenstående tabel viser, at der ikke forekommer mange sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II, så selvom der i vinterperioderne er overskridelser af kat. II, så er det ikke i sammenhængende perioder.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.19 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.20.

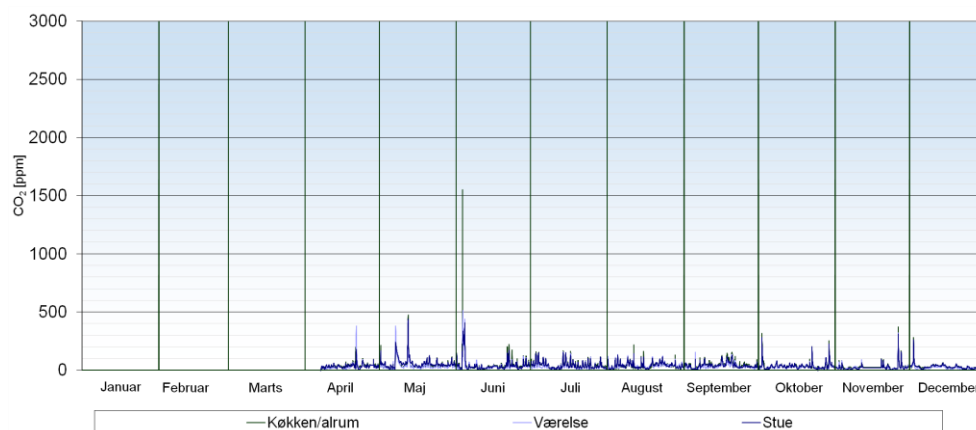
		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	6
	2011	4
Værelse	2009	0
	2010	7
	2011	7
Stue	2009	0
	2010	5
	2011	4

Tabel 5.20: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

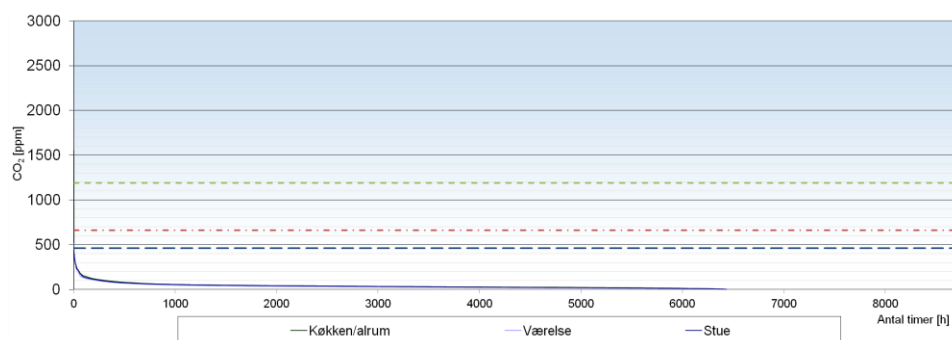
### 5.3.3 CO<sub>2</sub>-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO<sub>2</sub>-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

#### 2009

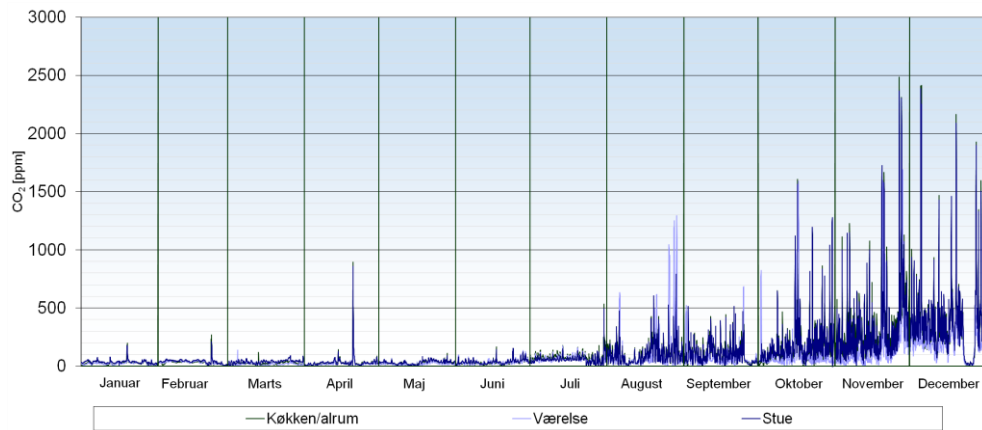


Figur 5.23 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2009.

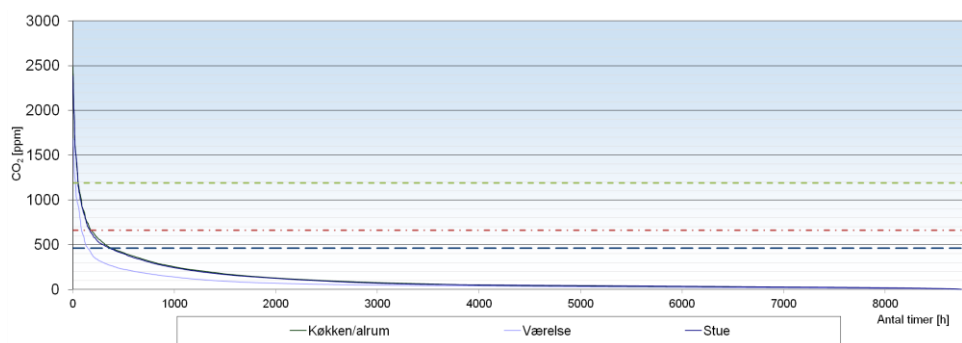


Figur 5.24 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2009.

2010

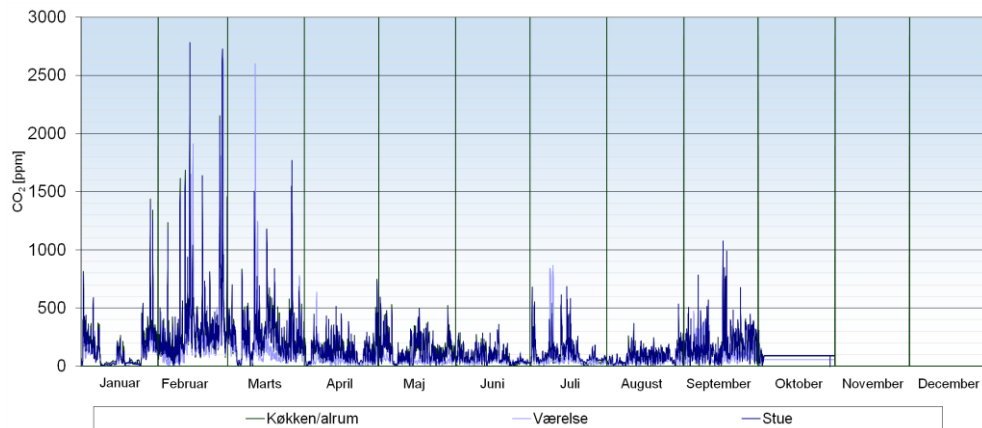


Figur 5.25 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2010.

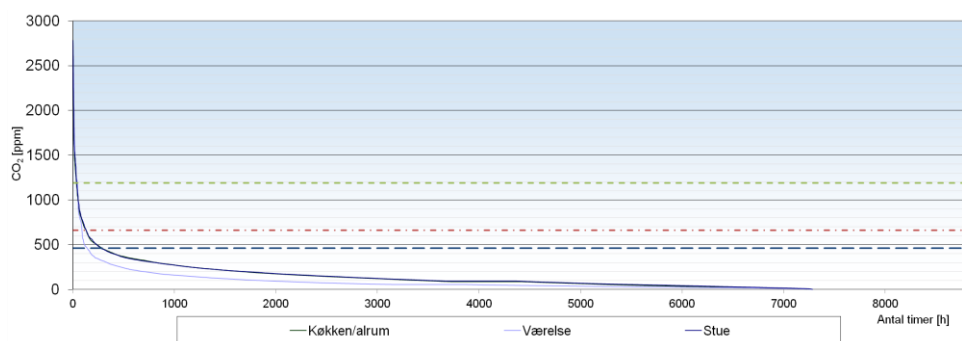


Figur 5.26 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.27 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2011.



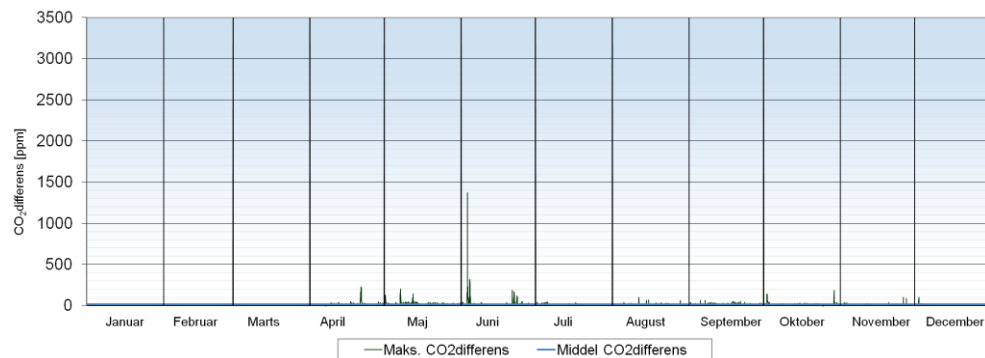
Figur 5.28 CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af CO<sub>2</sub>-niveauet i de to målte rum, at niveauet stiger en anelse i vinterperioden. Dette er helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed i væsentlig grad med naturlig ventilation om sommeren.

#### 5.3.4 CO<sub>2</sub>-forskel imellem rum

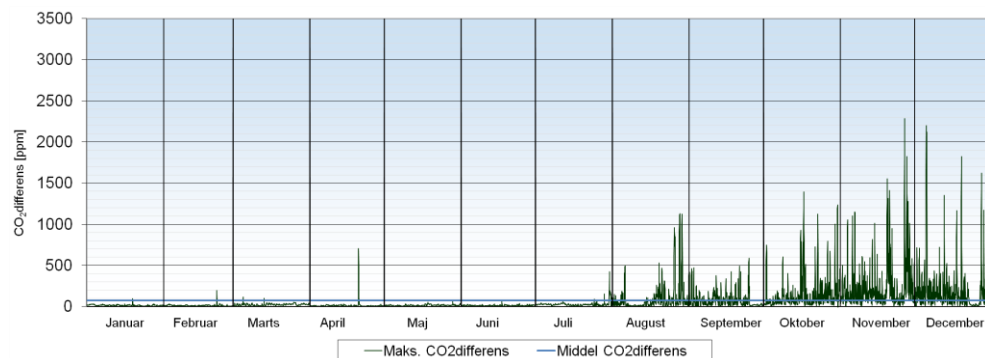
Det fremgår af forrige afsnit, at der er god opblanding af luft i boligen, da bundniveauerne er stort set ens. Dog opnås der ofte høje koncentrationer i stuen i vinterhalvåret. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

**2009**



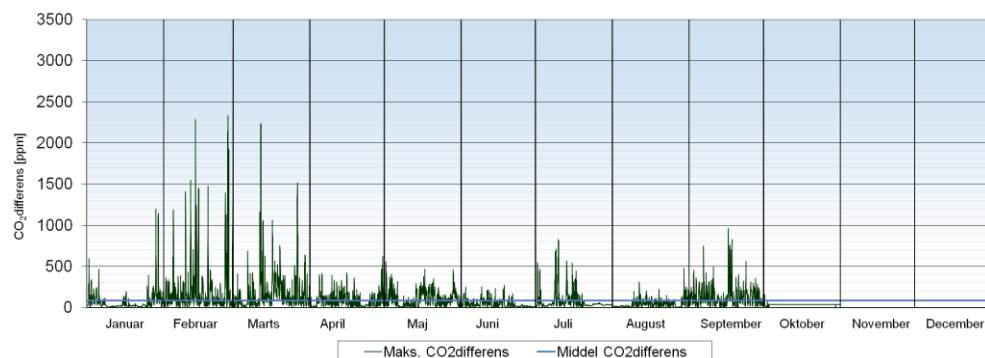
Figur 5.29 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau i mellem rummene for 2009.

**2010**



Figur 5.30 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau i mellem rummene for 2010.

**2011**



Figur 5.31 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau i mellem rummene for 2011.

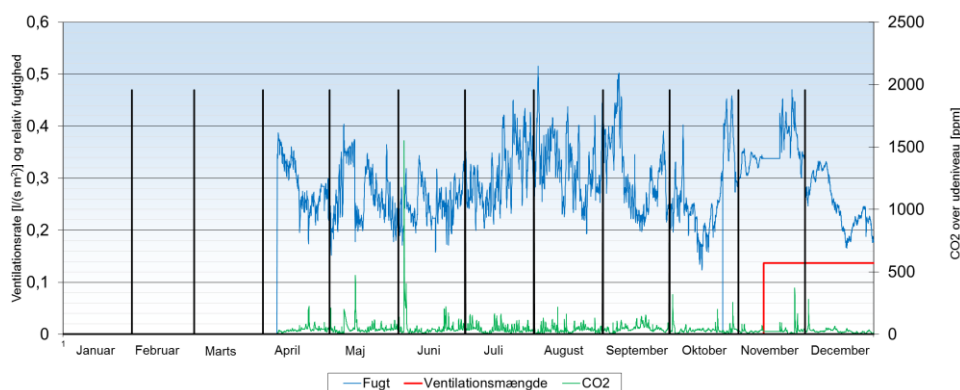
### 5.3.5 Behovstyret ventilation - vurdering af luftskifte i boligen

Der blev ved projektets start givet dispensation fra BR08 således, at der kunne køres med behovsstyret ventilation i samtlige Komforthuse. Husets luftskifte fremgår af nedenstående tabel. Celler markeret med gråt angiver beboelse i huset. Det fremgår her, at der året rundt køres med et meget lavt luftskifte, men da den interne belastning også er lav, giver det ikke nogen problemer vurderet ud fra CO<sub>2</sub>-niveauet i huset.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	Året
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,136	0,136	0,136
2010	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,137	0,136	0,136	0,136	0,136	0,137	0,136
2011	0,136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,136

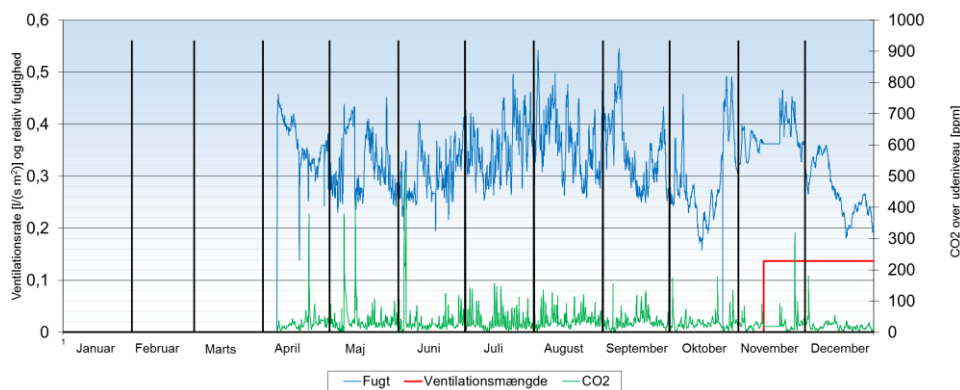
Tabel 5.21 Middel ventilationsmængde i l/(s m<sup>2</sup>)

#### 2009 køkken/alrum



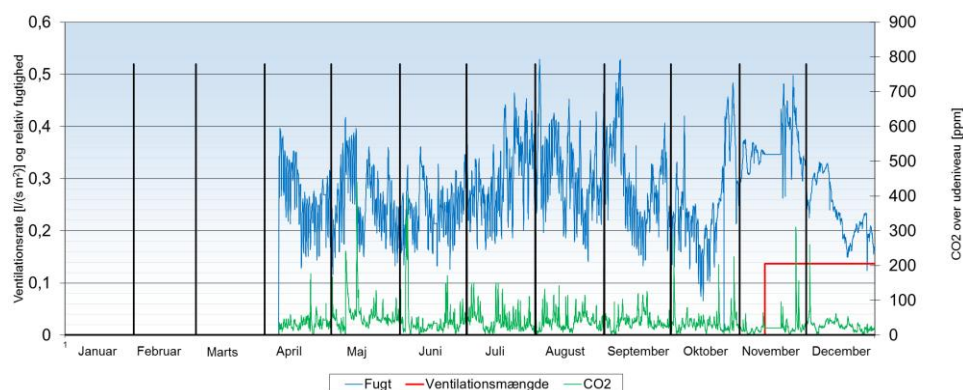
Figur 5.32: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

#### 2009 værelse



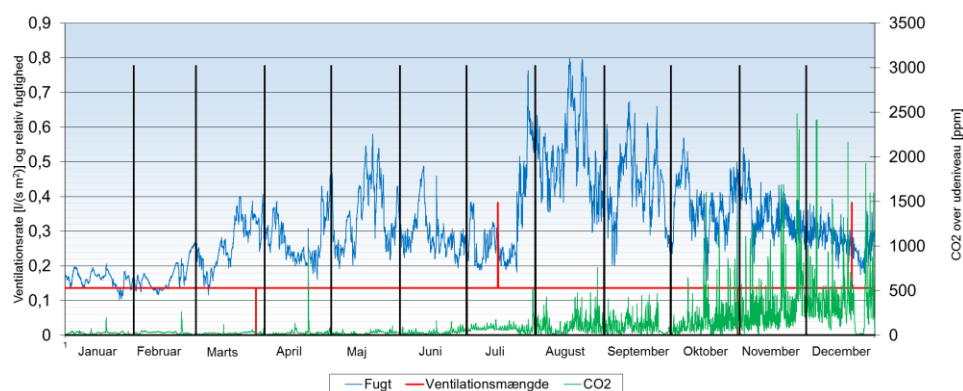
Figur 5.33: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

## 2009 stue



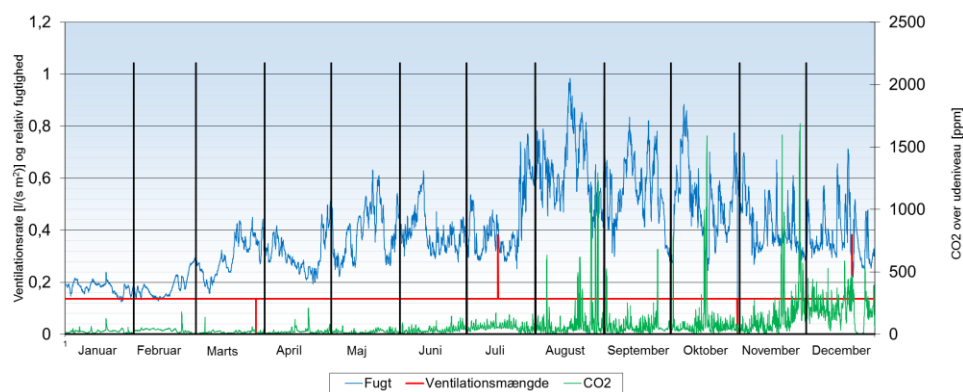
Figur 5.34: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2010 køkken/alrum



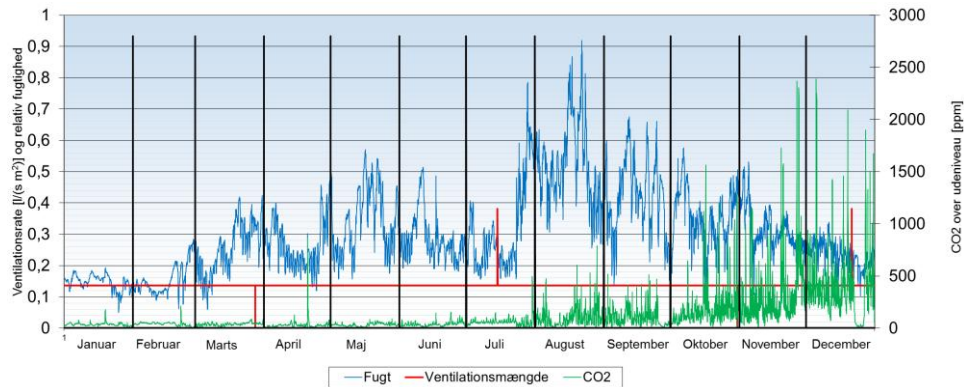
Figur 5.35: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

## 2010 værelse



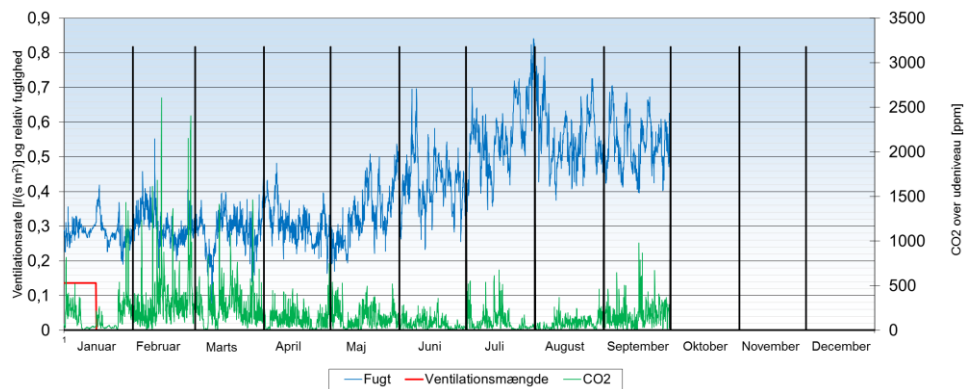
Figur 5.36: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse

## 2010 stue



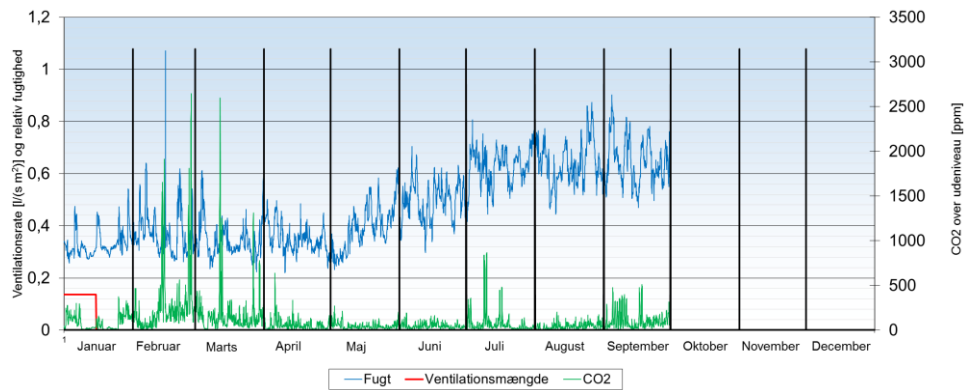
Figur 5.37: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2011 køkken/alrum



Figur 5.38: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

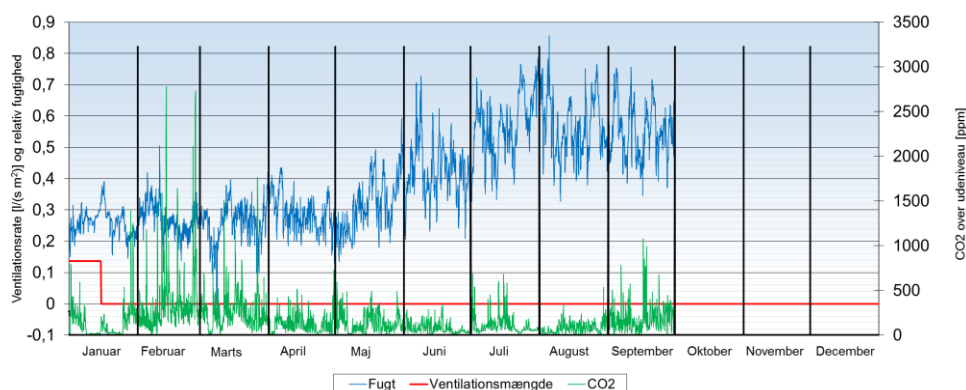
## 2011 værelse



Figur 5.39: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i værelse



## 2011 stue



Figur 5.40: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklime – luftkvalitet

Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklime (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

### 5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

Huset er beboet af to voksne hvorfor den interne belastning set ift CO<sub>2</sub>-niveau er lav. Dette afspejler sig også i resultaterne.

#### Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2011, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 97% af tiden i alle rum.

#### Sommersituation

Også i sommerperioden opnås kat. II i alle rum i ca. 97% af tiden.

#### Efterårssituation

I efterårsperioden opnås kat. II i ca 93% af tiden.

#### Vintersituation

I vinterperioden opnås kat. II i ca 93% af tiden til trods for de høje afvigelser der fremgik af fx Figur 5.27.

### 5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

#### DS/EN 15251 kategori II

Det fremgår vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelserne er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere

lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen.

Desuden ses det, at stuen opnår en del kortvarige afvigelser fra kategori II.

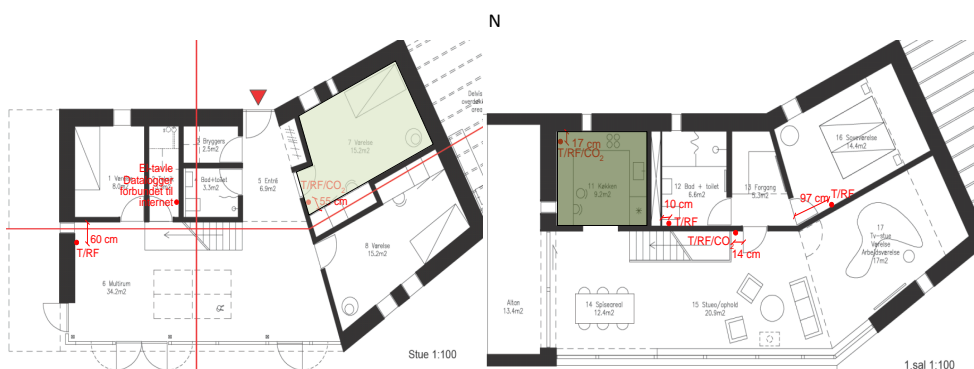
Sammenholdes med anbefalingen om maks. 5% overskridelse fra kat II opnås det i alle rum og flere rum overholder desuden anbefalingen om 3% overskridelser.

### Overskridelse af kategori II i en sammenhængende 8 timers periode

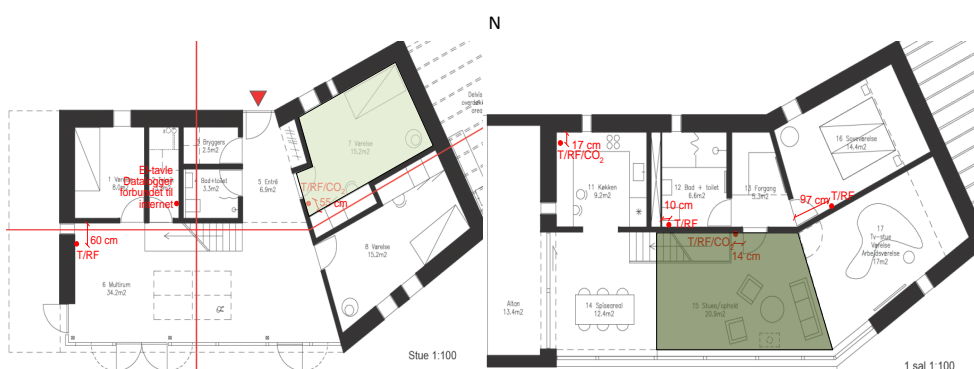
Der findes kun 3-4 overskridelser på mere end 8 timers varighed i hvert rum, hvilket atter viser, at der ikke er problemer med CO<sub>2</sub>-niveau i dette hus.

#### 5.4.3 Kritiske rum

Der er i de registrerede rum i denne bolig ikke fundet problemer med CO<sub>2</sub>-niveauet. Dog skal det bemærkes, at kritiske rum oftest er børne- og soveværelser, som der ikke er målt i i dette tilfælde. Nedenstående figurer viser hvilke rum der har hhv de højeste og laveste koncentrationer af CO<sub>2</sub>. Som det blev konkluderet under afsnittet om atmosfærisk komfort tyder det på, at værelset i stueplan ikke har været brugt til ophold.



5.41 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO<sub>2</sub>-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO<sub>2</sub>-niveau for 2010.



5.42 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO<sub>2</sub>-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO<sub>2</sub>-niveau for 2011.

#### 5.4.4 Ventilation

Ved vurdering af luftskiftet i boligen, og sammenholdning af dette med CO<sub>2</sub>-niveau i huset vurderes det, at luftskiftet i boligen i de fleste perioder er tilstrækkeligt til trods for, at der året rundt køres med et luftskifte lavere end de i BR08 anbefalede værdier (som var 0,35 l/s pr m<sup>2</sup>).

## 5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

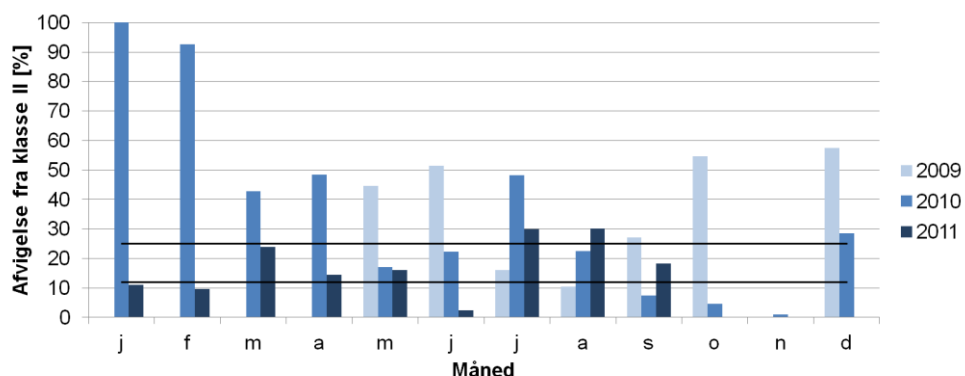
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

### 5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.22 til Tabel 5.27. En årsopdelte opgørelse findes i Tabel 5.28. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	45	52	16	10	27	55	0	57
2010	100	93	43	48	17	22	48	23	8	5	1	28
2011	11	10	24	14	16	2	30	30	18	-	-	-

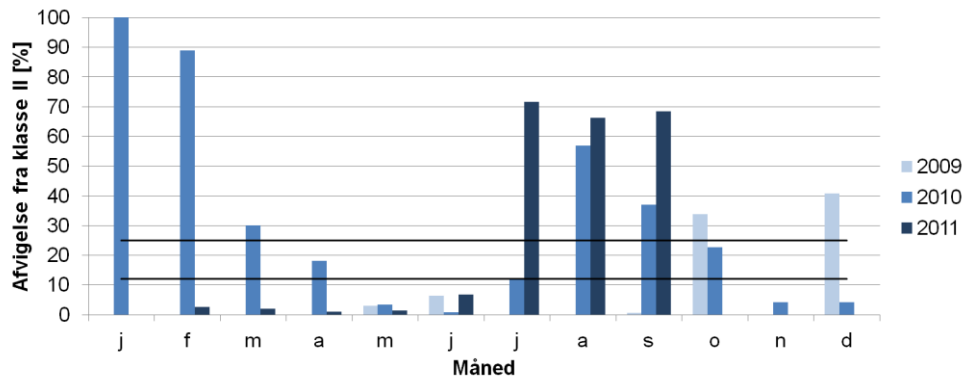
Tabel 5.22: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.43: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	3	6	0	0	1	34	0	41
2010	100	89	30	18	3	1	12	57	37	23	4	4
2011	0	3	2	1	1	7	72	66	68	-	-	-

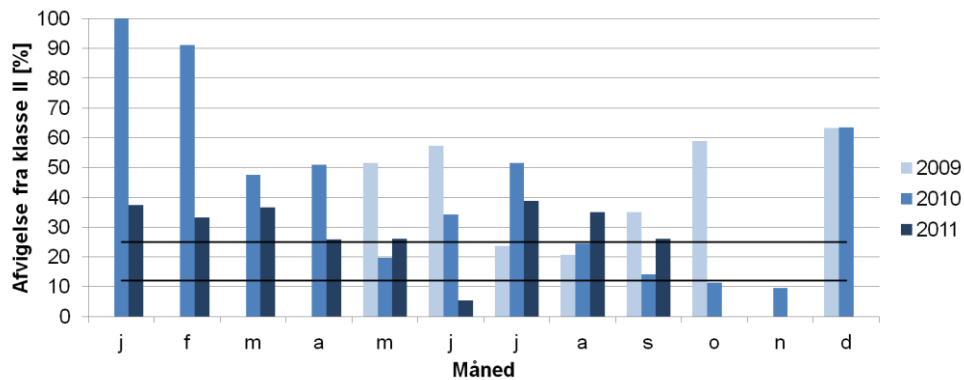
Tabel 5.23: Afvigelser i procent fra kategori II for værelse.



Figur 5.44: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for værelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	52	57	24	21	35	59	0	63
2010	100	91	48	51	20	34	51	25	14	11	10	64
2011	38	33	37	26	26	5	39	35	26	-	-	-

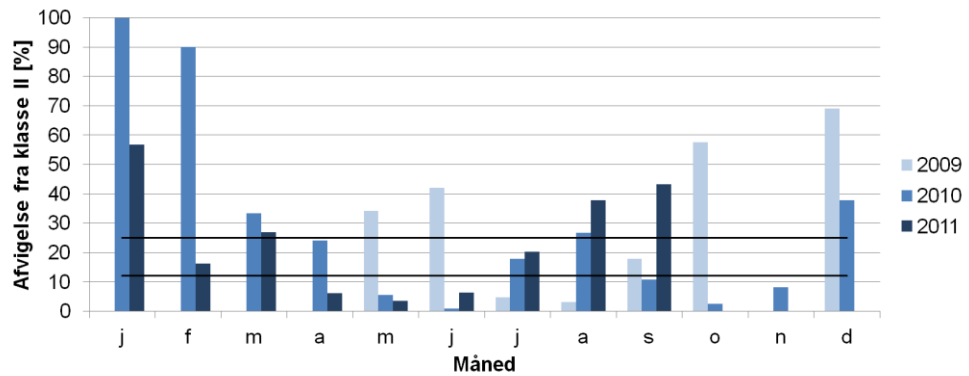
Tabel 5.24: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.45: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	34	42	5	3	18	58	0	69
2010	100	90	33	24	6	1	18	27	11	2	8	38
2011	57	16	27	6	3	6	20	38	43	-	-	-

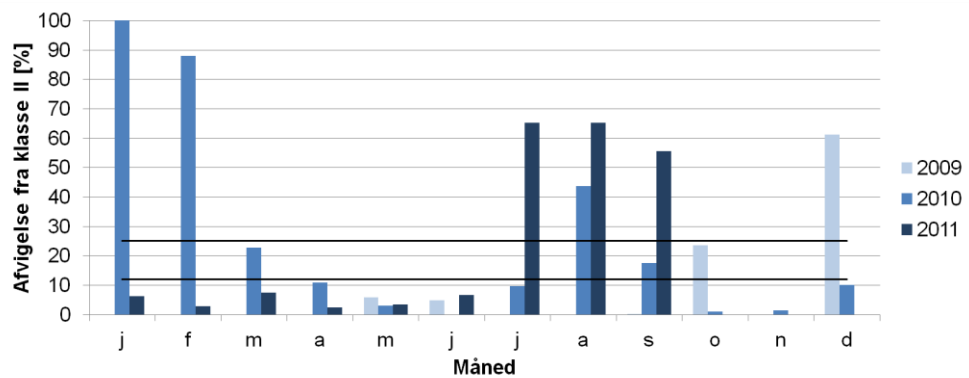
Tabel 5.25: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.46: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	6	5	0	0	0	24	0	61
2010	100	88	23	11	3	0	10	44	18	1	2	10
2011	6	3	7	3	3	7	65	65	56	-	-	-

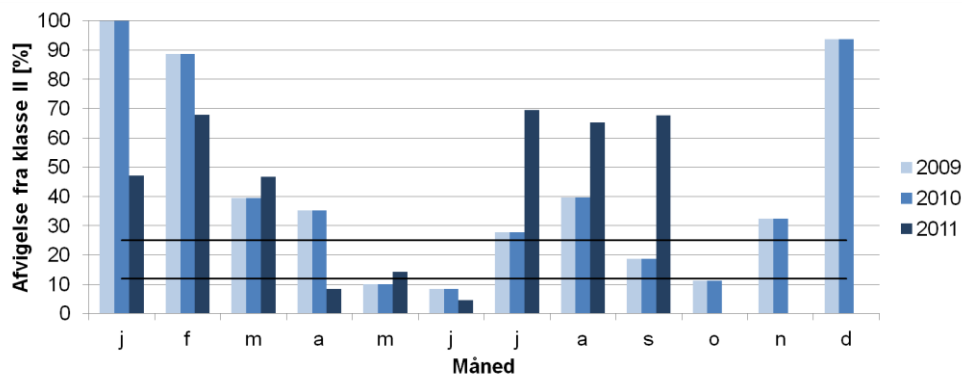
Tabel 5.26: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.



Figur 5.47: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	27	26	9	12	21	46	0	56
2010	100	89	39	35	10	8	28	40	19	11	33	94
2011	47	68	47	8	14	5	69	65	68	-	-	-

Tabel 5.27: Afvigelser i procent fra kategori II for multirum.



Figur 5.48: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for multirum.

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I værelset i stueplan og soveværelse findes de største afvigelser fra sensommeren og hen over efteråret. I de øvrige rum er afvigelserne størst i sensommeren, henover vinteren og i det tidlige forår. Hvorvidt afvigelserne skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det i august/september vil skyldes for høj RF og i vinter/forårs månederne vil skyldes for lav RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	32	36	17
Værelse	10	31	25
Stue	39	43	29
Baderum	26	30	24
Soveværelse	11	25	24
Multirum	23	42	43

Tabel 5.28: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.29.

		Antal perioder
Køkken/ alrum	2009	4
	2010	3
	2011	2
Værelse	2009	3
	2010	2
	2011	2
Stue	2009	3
	2010	3
	2011	2
Baderum	2009	3
	2010	3
	2011	1
Sove- værelse	2009	3
	2010	2
	2011	4
Multirum	2009	3
	2010	3
	2011	3

*Tabel 5.29: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.*

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

### 5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.30 på månedsbasis og i Tabel 5.31 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Værelse	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Baderum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Sove- værelse	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Multirum	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
	Værelse	0	0	0	0	0	0	1	21	6	8	0	0
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	Baderum	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	Sove- værelse	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
	Multirum	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
2011	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	4	1	0	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	3	8	13	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	2	2	0	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0	0	0	0	2	3	-	-	-
	Sove- værelse	0	0	0	0	0	0	8	6	3	-	-	-
	Multirum	0	0	0	0	0	0	5	14	20	-	-	-

Tabel 5.30: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at flere rum opnår længerevarende perioder med RF > 75%.



		$\phi > 75\%$
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	0
	2011	1
Værelse	2009	0
	2010	3
	2011	3
Stue	2009	0
	2010	1
	2011	1
Baderum	2009	0
	2010	1
	2011	1
Sove- værelse	2009	0
	2010	1
	2011	2
Multirum	2009	0
	2010	1
	2011	4

Tabel 5.31: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

#### 5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.32 og på årsbasis i Tabel 5.33.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	2	3	3	0	0	2	3	0	1
	Værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	Stue	-	-	-	2	2	4	0	1	2	5	0	1
	Baderum	-	-	-	0	2	4	0	0	1	4	0	2
	Sove- værelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Multirum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2010	Køkken/ alrum	0	0	2	2	3	3	0	0	2	3	0	1
	Værelse	0	0	2	1	0	0	2	5	3	1	0	0
	Stue	0	0	2	2	0	2	5	2	1	0	0	2
	Baderum	0	0	2	5	0	0	0	2	1	0	0	1
	Sove- værelse	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Multirum	0	0	1	1	0	0	1	4	1	0	0	1
2011	Køkken/ alrum	0	0	2	2	3	3	0	0	2	-	-	-
	Værelse	0	0	0	0	0	0	4	5	5	-	-	-
	Stue	4	2	1	1	1	0	2	4	2	-	-	-
	Baderum	2	0	2	0	0	0	0	2	4	-	-	-
	Sove- værelse	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Multirum	0	0	1	0	0	0	1	3	3	-	-	-

Tabel 5.32: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	14
	2010	15
	2011	12
Værelse	2009	6
	2010	14
	2011	16
Stue	2009	17
	2010	16
	2011	19
Baderum	2009	13
	2010	11
	2011	12
Sove- værelse	2009	2
	2010	9
	2011	15
Multirum	2009	7
	2010	18
	2011	30

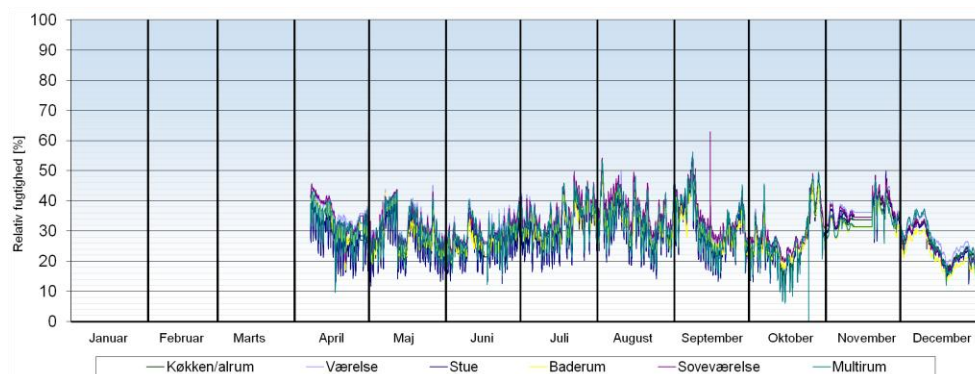
Tabel 5.33: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes adskillige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes.

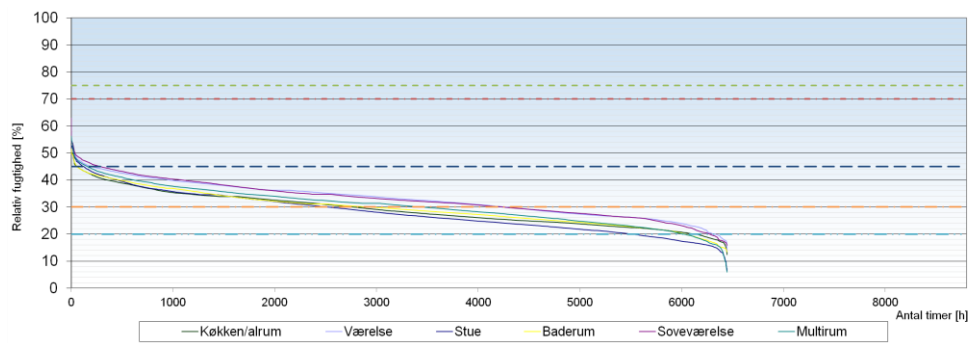
### 5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

#### 2009

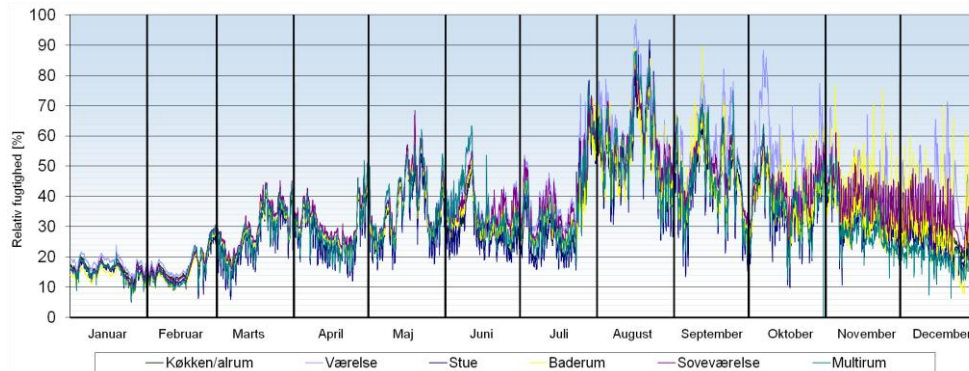


Figur 5.49 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009.

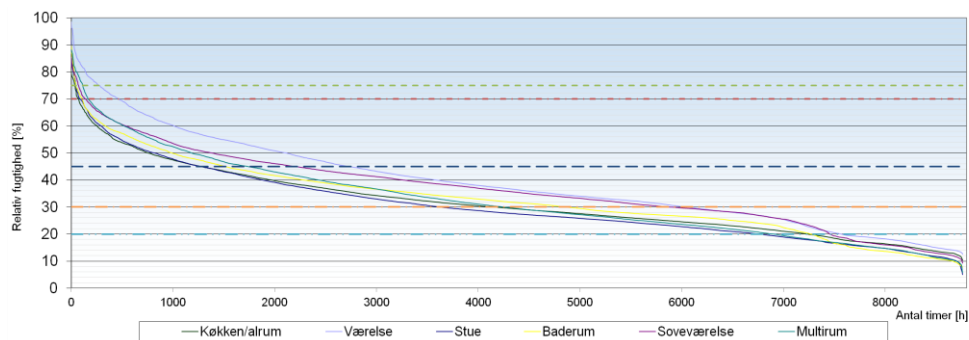


Figur 5.50 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009.

2010

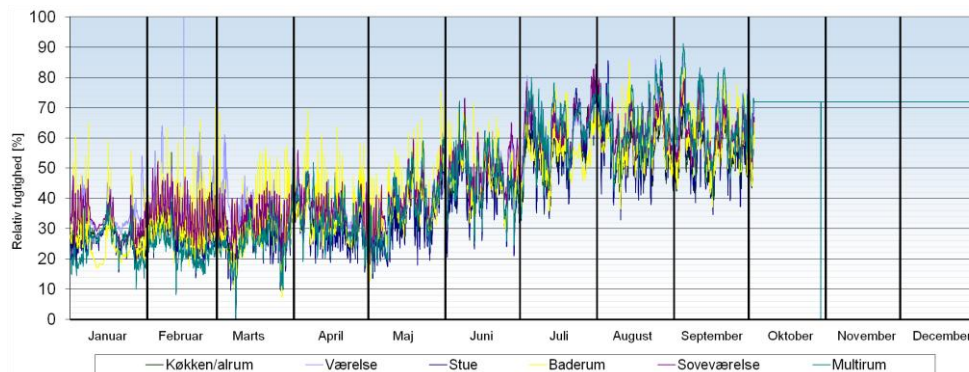


Figur 5.51 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010.

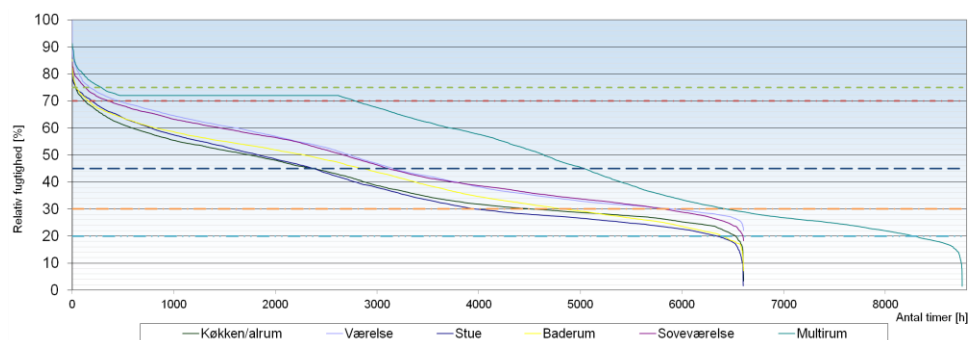


Figur 5.52 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.53 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011.



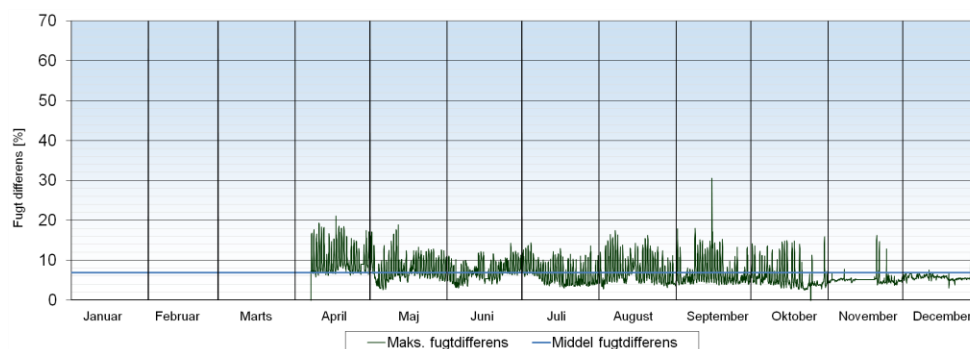
Figur 5.54 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af figurene, at der er et stort spænd i målte værdier i løbet af året. Det er typisk badeværelset der har den højeste RF, men også soveværelset og værelset har høje værdier og en stor variation i værdierne. Samtidig forekommer der lange perioder i vinterhalvåret med meget lave værdier for RF.

### 5.5.6 Relativ luftfugtighedsforskel imellem rum

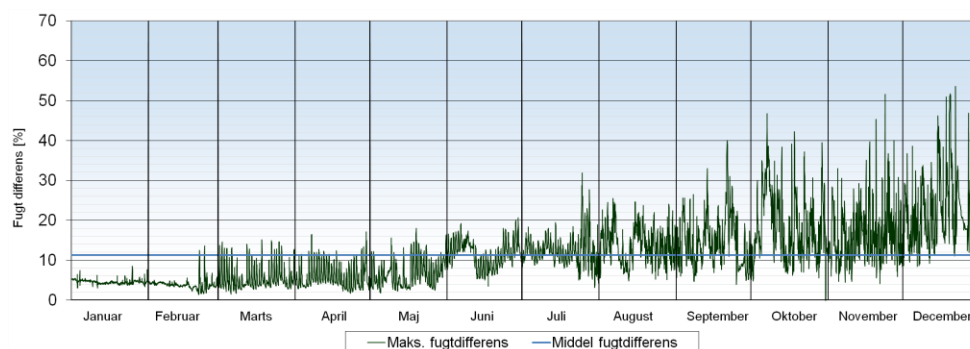
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



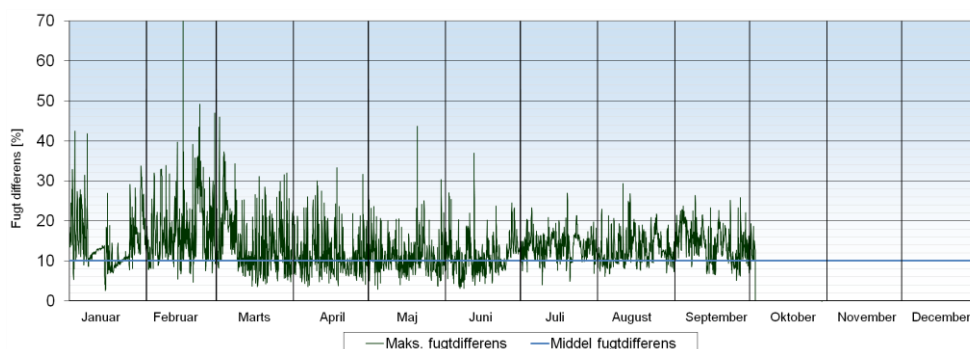
Figur 5.55 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.56 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.57 Maksimal relativ luftfugtighedsforskel i mellem rummene for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinien for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

## 5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt

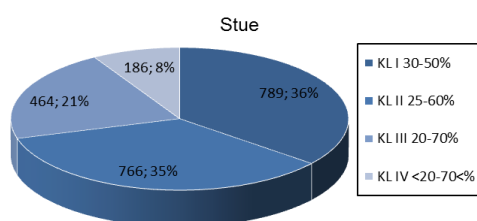
Ud fra analyserne i afsnit 0 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

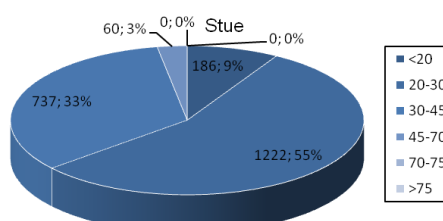
### 5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

#### Forårssituation

Kategori II opnås ca 70-90% af tiden i alle rum. Figur 5.58 og Figur 5.59 illustrerer hvorledes fordelingen af RF ligger gennem perioden og hvordan tiden er fordelt på de forskellige kategorier. Her ses det, at der i 9% af tiden er RF<30%.



Figur 5.58: Timefordeling for RF for forårssituation i stue i 2011.



Figur 5.59: Fordeling af målt RF for forårssituation i stue i 2011.

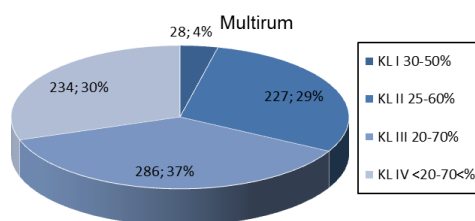
#### Sommersituation

I sommeren 2011, som er den eneste sommer huset har været beboet, opnås en afvigelse på ca 25% i køkken/alrum, stue i badeværelse. I de øvrige rum opnås kun katagori II i ca 50% af tiden.

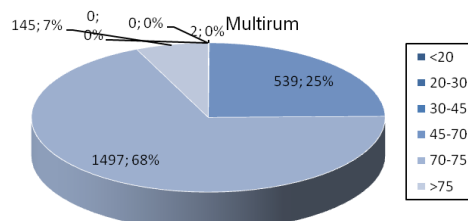
#### Efterårssituation

I efterårssæsonen 2010 opnås kat. II i ca 75-90% af tiden i de fleste rum. Dog afviger værelset væsentligt, hvilket igen bekræfter, at det ikke bruges til daglig. I 2011 opnås kun kat. II i 50-60% af tiden. Dette er dog kun

baseret på målinger i september 2011. Ved vurdering af den målte RF i perioden ses i figuren nedenfor, at der opnås meget høje værdier for RF.



Figur 5.60: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2011.



Figur 5.61: Fordeling for målt RF for efterårssituation i multirum i 2011.

### Vintersituation

I vinterperioden ses det hvorledes at luften i huset tørrer ud og den relative luftfugtighed falder. I denne periode opleves meget lave værdier af RF. Der opnås for 2011 kun kat. II 43% af tiden i multirummet, som er her der opnås den største afvigelse. Alle afvigelser skyldes lave værdier for RF.

### 5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

#### DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I værelset i stueplan og soveværelse findes de største afvigelser fra sensommeren og hen over efteråret. I denne periode skyldes afvigelserne for høj RF. I de øvrige rum er afvigelserne størst i sensommeren, henover vinteren og i det tidlige forår. I vinter/forår skyldes afvigelserne for lav RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

#### Perioder med RF<45%

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med RF < 45%.

#### Tid med RF>75%

Der er i sommer og efterårsperioderne problemer med for høj andel af tid med RF over 75%.

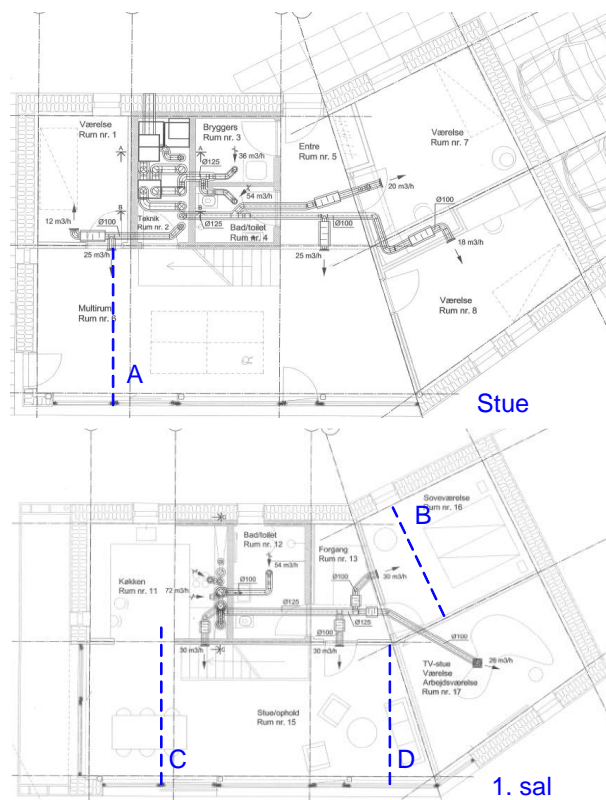
#### Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

Der findes adskillelige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes.

### 5.7 Dagslysforhold

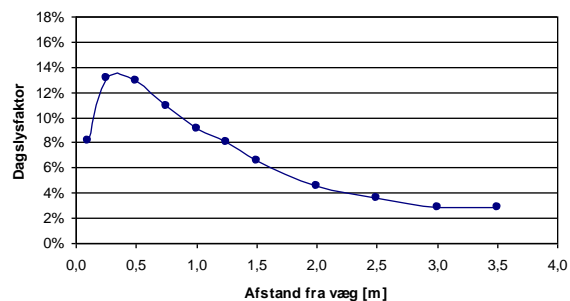
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"..

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer fire forskellige steder. Tre målinger i stuerne og en måling i det nordvendte værelse på 1. sal. Positionen af målingerne ses i Figur 5.62.

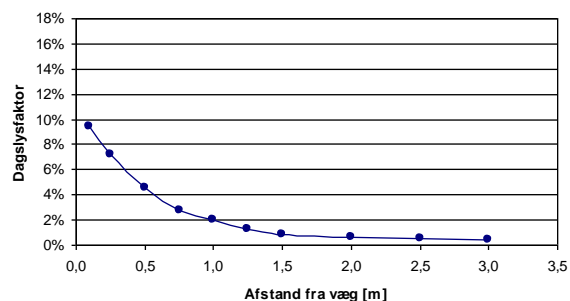


Figur 5.62. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuerne.

Resultaterne for målinger ses i Figur 5.63 til.Figur 5.66

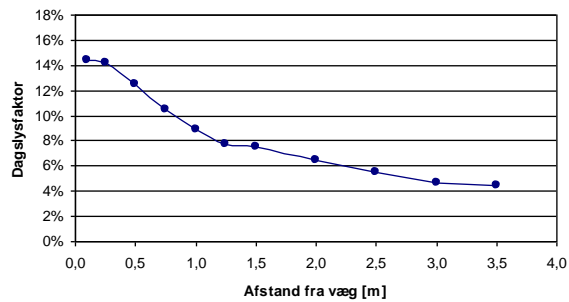


Figur 5.63. Dagslysfaktor for position A i stue, stueetagen.

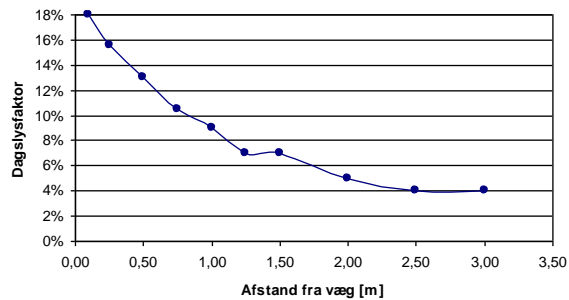


Figur 5.64. Dagslysfaktor for position B i værelse mod nord, 1. sal.





Figur 5.65. Dagslysfaktor for position C i stue, 1. sal.



Figur 5.66. Dagslysfaktor for position D i stue, 1. sal.

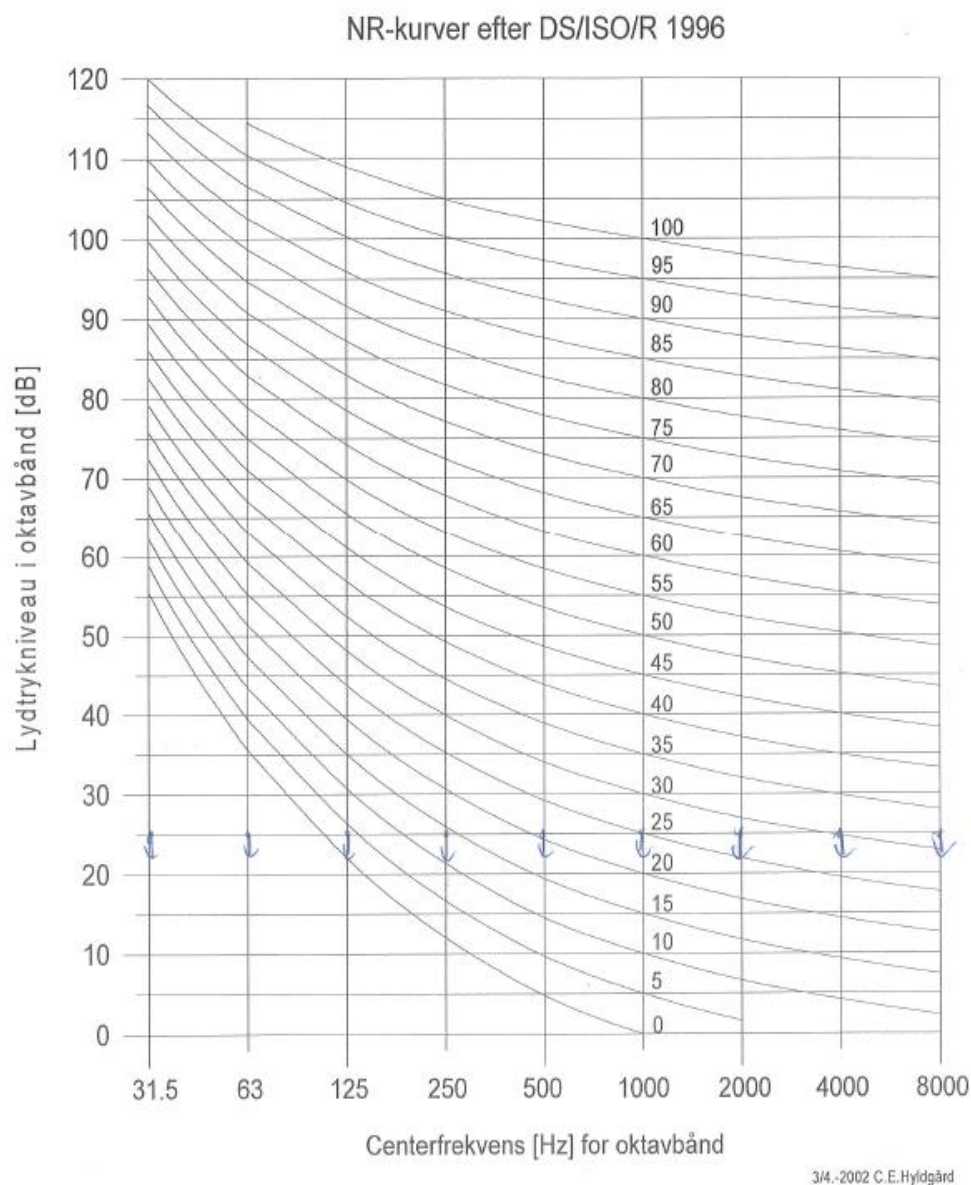
Som det ses af målingerne for dagslysfaktorer i stuerne, er kravet på 2% ved bagvæggen af rummet opfyldt for disse rum. I værelset mod nord er der derimod målt meget lave værdier, hvilket skyldes det lille vinduesareal i dette værelse.

## 5.8 Akustisk indeklima

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

### 5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.67.



Figur 5.67. Målinger af støj fra tekniske installationer.

Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.67 ligger alle målingerne under 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er minimum lydklasse B opnået. Den præcise værdi er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

### 5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.34.

Oktavbånd	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid, stue [s]	0,8	1,0	1,2	1,4	1,2	1,4	0,9
Efterklangstid, 1. sal [s]	0,9	0,9	1,4	1,6	1,5	1,2	0,9

Tabel 5.34. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt for alle oktavbånd. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.

## 6. Energiforbrug

I dette kapitel vurderes husets energiforbrug. Da huset ikke har været beboet et sammenhængende år med brugbare data, er det valgt at generere et kunstigt år. Året er sammensat af forskellige måneder udplukket i løbet af måleperioden. Der genereres for de samme måneder et kunstigt år med vejrdata til PHPP, som indsættes i huset PHPP beregning, hvorved der opnås mulighed for at sammenligne de målte og de beregnede værdier for hhv energiforbrug og overtemperatur-vurdering. Vejrdatasæt brugt i PHPP forefindes i "Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP".

Vurderingerne for energiforbrug til rumvarme er foretaget ud fra det kunstige år vist i Tabel 6.1. Da der er huller i datasættene er følgende antagelser gjort baseret på erfaringer fra [Jensen et al., 2011]:

- Juni og juli sættes til 0
- Maj erstattes med sep-10
- April erstattes med okt-10
- Marts erstattes med nov-10
- Februar erstattes med middel af dec-2010 og jan-2011

jan-11	Feb	Marts	April	Maj	Juni	Juli	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10
--------	-----	-------	-------	-----	------	------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 6.1: Måneder brugt til analyse af husets energiforbrug.

### 6.1 Energiforbrug til rumopvarmning

Det er energiforbruget til rumvarme der i afsnit 6.3 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det er væsentligt at huske, at de målte data ikke er vejrdatakorrigerede. En direkte sammenligning kan derfor ikke foretages. Der skal, forinden dette foretages, laves en PHPP-beregning med de målte vejrdata svarende til det kunstige år. Dette sker i afsnit 6.3. Tabel 6.2 viser forbruget over året samt det samlede forbrug til rumopvarmning. Data er baseret på målinger til radiator, da energimålinger fra gulvvarme/håndklædetørrer ikke giver brugbare værdier. Fejlen antages dog at være minimal, da hovedparten af husets varme leveres via radiatorerne.

Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Forbrug [kWh]	463	906	811	354	181	0	0	115	181	354	811	1349	5525
Forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	2,9	5,6	5,0	2,2	1,1	0,0	0,0	0,7	1,1	2,2	5,0	8,3	34,1

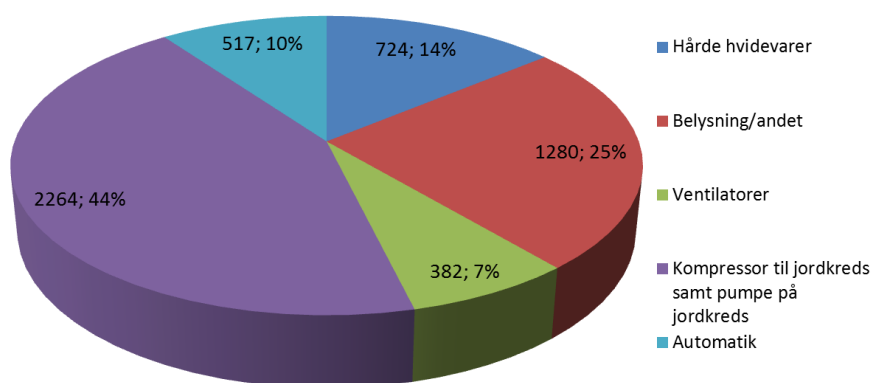
Tabel 6.2: Målt forbrug til rumopvarmning.

### 6.2 Energiforbrug til el

Tabel 6.3 viser husets samlede forbrug til el genereret ud fra det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.1: Fordeling af elforbrug.. Det er dette forbrug, der i afsnit 6.3 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det totale el-forbrug vægtes med en primær energifaktor på 2,7 svarende til værdien brugt i PHPP.

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Hårde hvidevarer	29	24	26	27	28	36	57	108	90	110	95	95	724
Belysning/andet	60	69	102	109	106	99	94	110	107	149	150	126	1280
Ventilatorer	6	8	25	27	39	47	50	46	45	43	33	13	382
Komp. & pumpe jordkreds	191	319	135	114	124	71	47	97	114	179	334	540	2264
Automatik	22	47	56	49	50	38	40	41	40	42	44	49	517
Total el forbrug	309	466	343	325	346	291	287	402	395	523	655	823	5167
Total el forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4	5	32

Tabel 6.3: Målte elforbrug i Stenagervænget 43. Alle værdier er opgivet i kWh.



Figur 6.1: Fordeling af elforbrug.

### 6.3 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om huset overholder passivhus-kriterierne vil de målte data fra det kunstige år i det følgende blive sammenlignet med et beregnet forbrug. Det beregnede forbrug er fundet ud fra de aktuelle målte vejrdato i perioden, som er indsat i PHPP. Heraf fås nye og mere reelle værdier til sammenligning. Værdierne svarer til de 15 kWh/m<sup>2</sup> pr år til rumvarme og 120 kWh/m<sup>2</sup> pr år i primær energi i standardåret, der normalt benyttes i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7. De beregnede og målte værdier findes i Tabel 6.4.

		Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	12	25	34,1
Primært Energibehov	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	100	109	86,4

Tabel 6.4: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Det fremgår af ovenstående tabel, at passivhuskriteriet i forhold til rumvarme ikke umiddelbart er overholdt i huset. Dog er kriteriet fastlagt ud fra en række forudsætninger hvoraf en af forudsætningerne hedder en rumtemperatur på 20°C. I stenagervænget 43 har rumtemperaturen i opvarmningssæsonen langt fra været 20°C. Dette fremgår af Tabel 6.5.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Køkken	21,2	19,9	18,0	20,9	20,1	27,6	32,0	24,1	23,9	23,2	22,0	21,6
Værelse	19,2	18,9	17,0	19,7	18,8	24,2	28,5	22,0	21,4	20,1	19,7	18,5
Stue	21,4	20,4	18,5	21,3	20,4	27,9	32,3	24,3	24,4	23,6	22,4	22,0
Baderum	24,7	21,0	17,6	20,4	19,6	26,6	31,2	24,1	24,0	24,2	24,5	25,2
Soveværelse	20,5	19,8	16,9	19,7	19,0	25,3	29,5	22,7	22,7	22,4	20,8	19,7
Multirum	21,3	19,5	17,4	20,2	19,0	25,5	30,7	23,2	23,0	22,2	22,4	22,3

Tabel 6.5: Gennemsnitstemperaturer for månederne i det kunstige år.

Ud fra temperaturerne i Tabel 6.5 beregnes en middeltemperatur for opvarmningssæsonen til 22,4°C, hvilket ligger et stykke fra de forudsatte 20°C i PHPP-beregningen. Gentages beregningen med 22,4°C i stedet for 20°C findes frem til resultatet i Tabel 6.6.

	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år + rumtemp. på 22,4°C	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	12	25	31	34,1
Primært Energibehov [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	100	109	113	86,4

Tabel 6.6: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Efter sidstnævnte korrektion ses, at PHI-kravet til rumvarmebehovet er næsten overholdt. En forklaring på den sidste lille afvigelse kan være, at der i huset kun er to beboere, dvs at den interne belastning i huset er mindre end antaget i PHPP. Desuden ses det, at afvigelsen fra PHPP-beregningen fra det forventede energiforbrug i høj grad skyldes brugeradfærden og den forhøjede rumtemperatur, som dermed har stor betydning for husets energiforbrug.

Det tredje passivhus kriterium er kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium. Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.7 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Luf ttæthed	Krav	Målt værdi
PHI [h <sup>-1</sup> ] v. ΔP = 50 Pa	0,6	0,60
BR08 [l/s pr m <sup>2</sup> ] v. ΔP = 50 Pa	1,5	0,34

Tabel 6.7. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på 0,60 h<sup>-1</sup> er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er ca. 4,5 gange større end den målte infiltration.

#### 6.4 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over 25°C. Ved brug af vejrdatasættet for det kunstige år, kan dette tal også beregnes i

PHPP for det kunstige år og dermed direkte sammenlignes med målingerne. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.8.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
<b>Overtemperatur [%]</b>	0	0	17

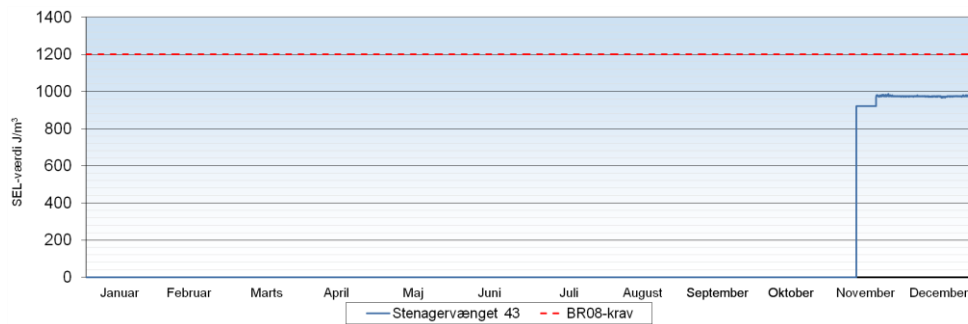
Tabel 6.8: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset ikke opfylder anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. De 17% er fundet som en middelværdi for alle rum. I stuen var afvigelsen på 22%, hvilket ikke er tilfredsstillende.

## 7. Installationer

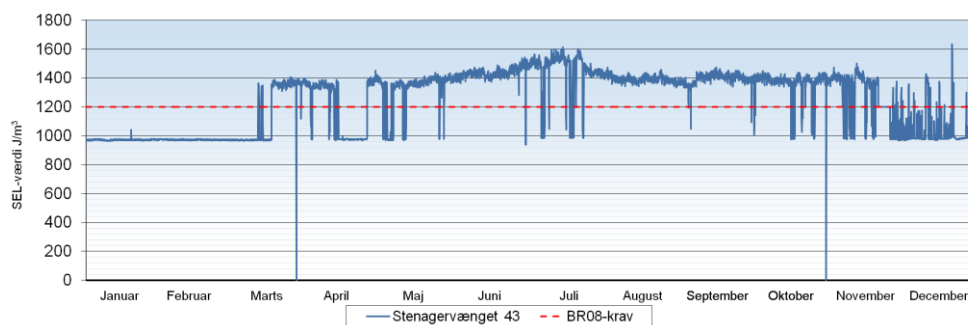
Der er i huset vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden. For hus 43 er der dog en vis usikkerhed på luftmængden, da denne er fundet ud fra et beregningsudtryk fastlagt ud fra to målepunkter på ventilatorkarakteristikken. Dette er beskrevet i BILAG F. Nedenstående figurer viser den målte SEL-værdi sammen med BR08-kravet.

### 2009



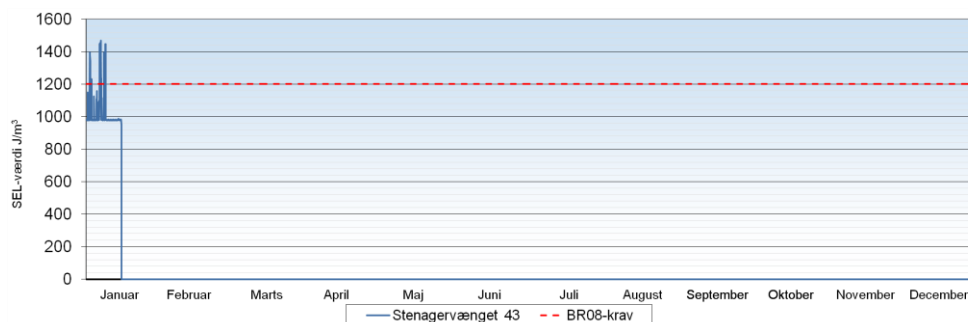
7.1: Målt SEL-værdi for 2009.

### 2010



7.2: Målt SEL-værdi for 2010.

### 2011



7.3: Målt SEL-værdi for 2011.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.





## 8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et al.] Fugt i boligen, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] Støjfri ventilationsanlæg, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Jensen et al.] Bygningsintegreret Energiforsyning - Person- og Forbrugsprofiler. Jensen, Rasmus Lund; Nørgaard, Jesper; Daniels, Ole ; Justesen, Rasmus Onsild. Aalborg : Aalborg Universitet. Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 44 s. (DCE Technical Report; 69).
- [Larsen] Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer  
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] DS/EN 15251, *Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne*

*vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik, Dansk standard, 2007.*

## 9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

### 9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

**Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]**

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

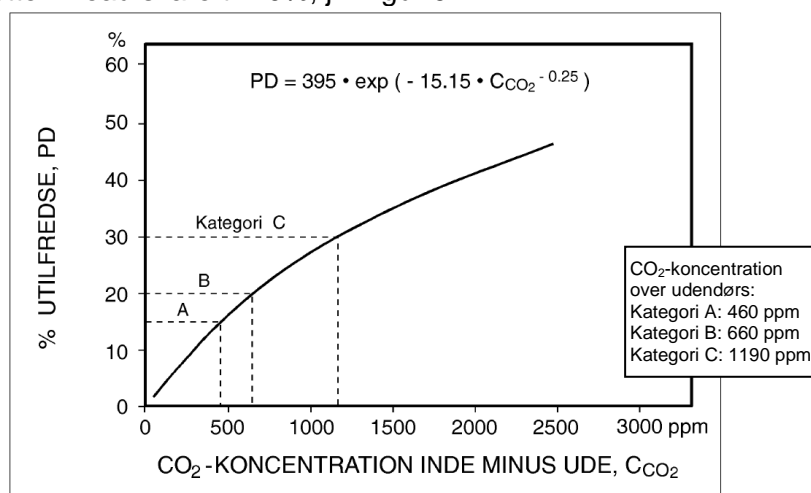
### 9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

#### 9.2.1 Vurdering af CO<sub>2</sub>-niveau

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO<sub>2</sub>-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO<sub>2</sub>-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.

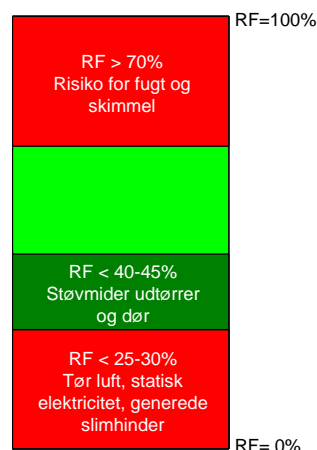


**Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO<sub>2</sub>-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]**

### 9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

### 9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt".

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

#### 9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

**9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

**Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]**

**9.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A $T_{is}$	Klasse B $T_{is}$	Klasse C $T_{is}$	Klasse D $T_{is}$
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

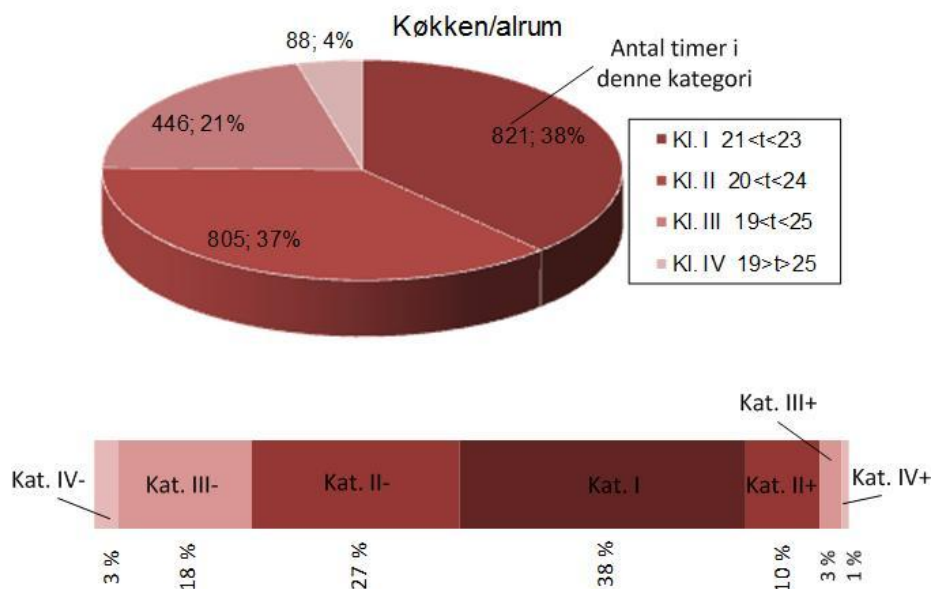
**Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]**





## 10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

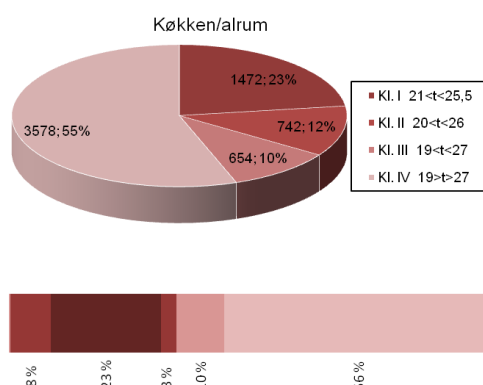
Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

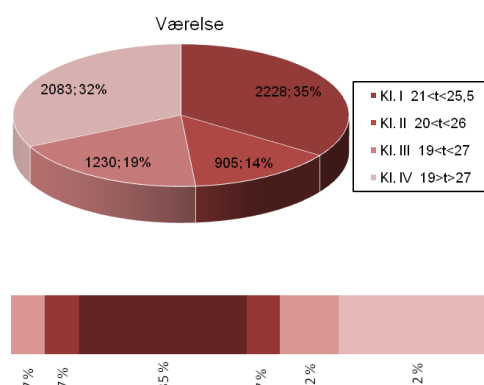
### 10.1 Generel situation hele året

Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.

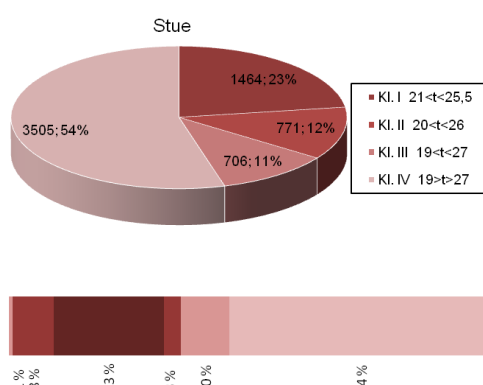
2009



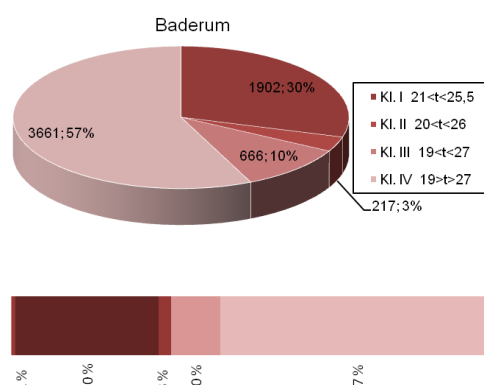
Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



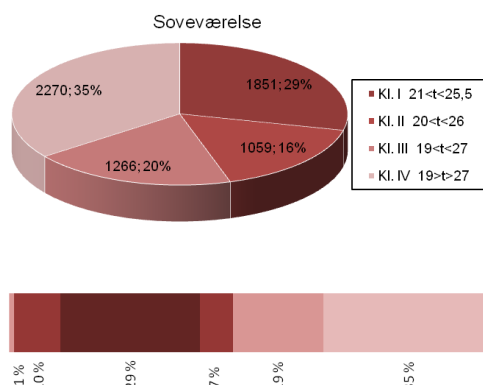
Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



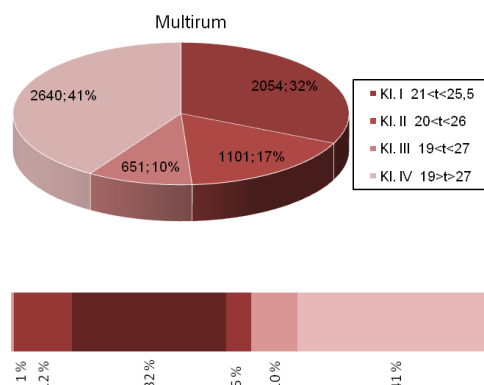
Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

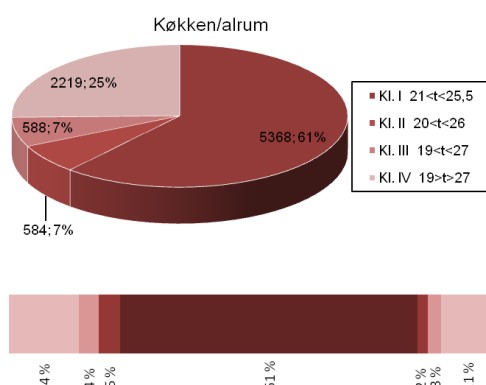


Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

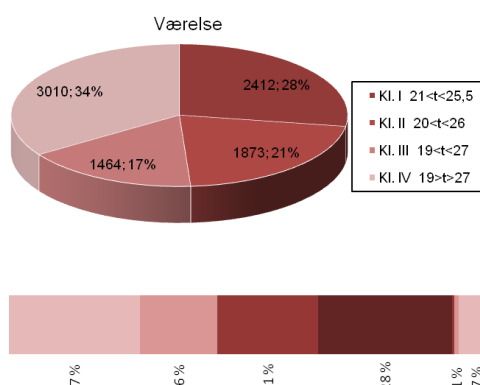


Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2009.

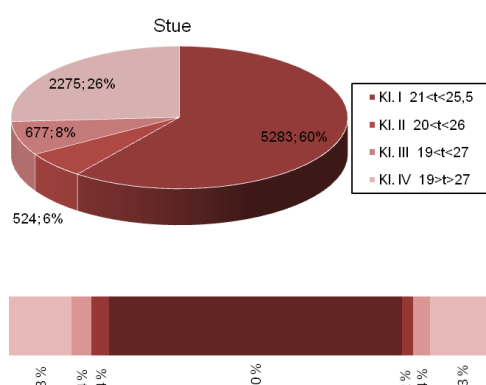
2010



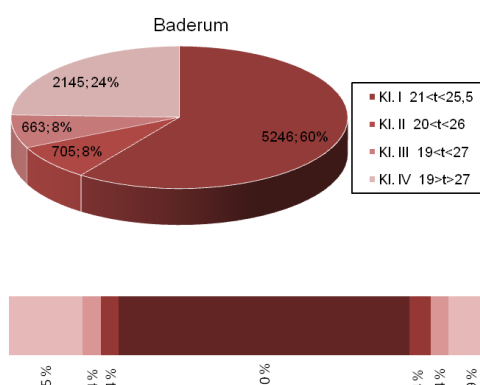
Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



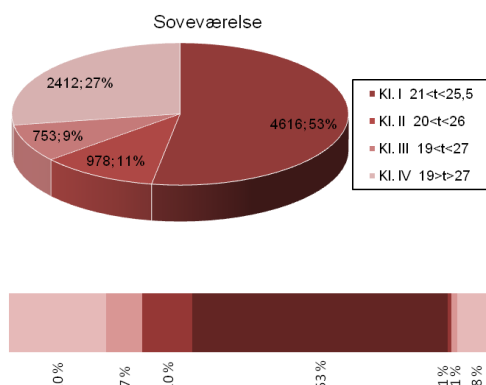
Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



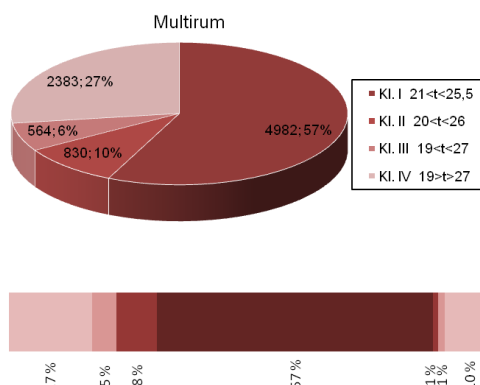
Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

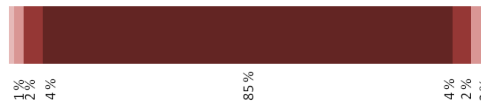
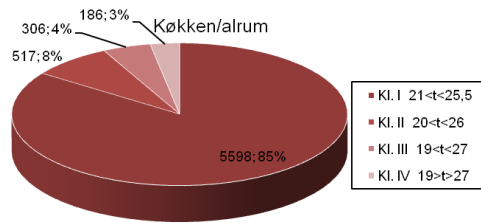


Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

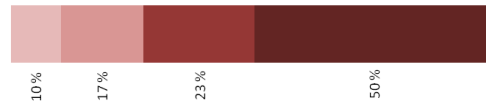
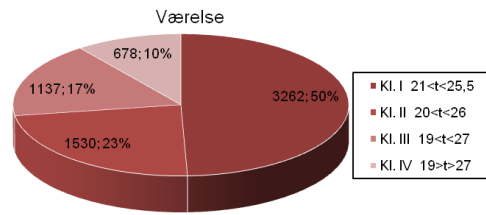


Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2010.

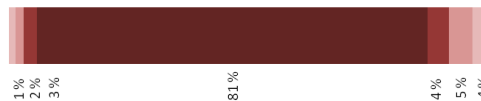
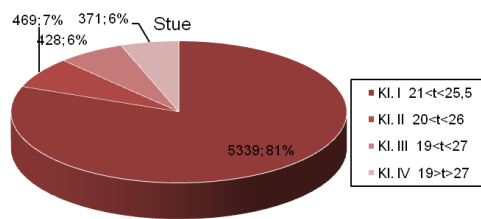
2011



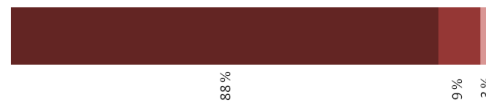
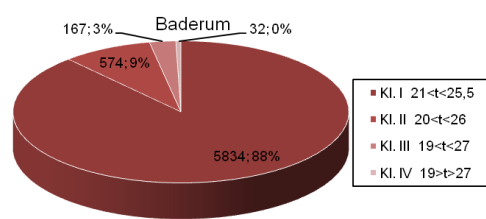
Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



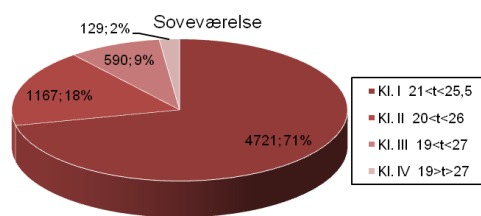
Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



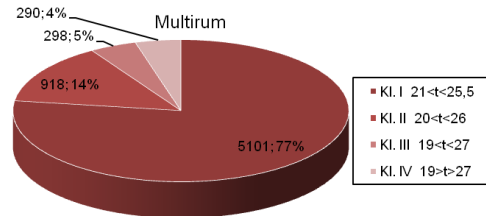
Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

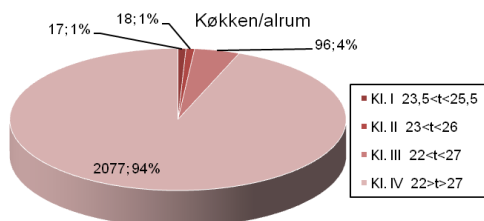


Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirume i 2011.

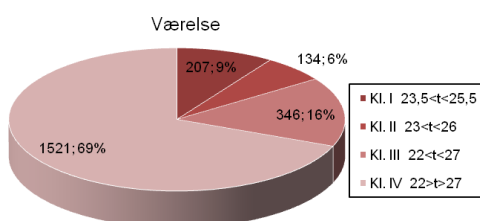
## 10.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

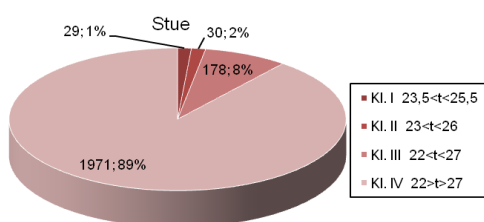
2009



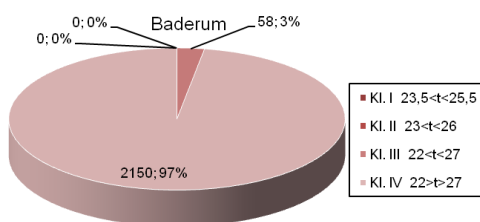
Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



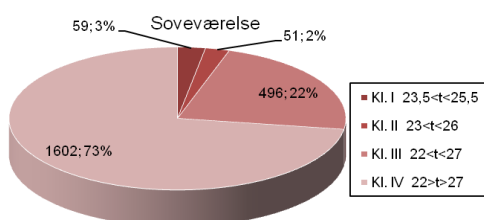
Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



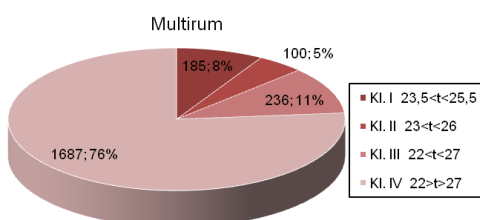
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

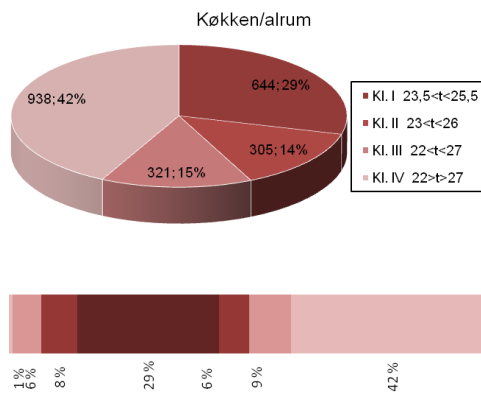


Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

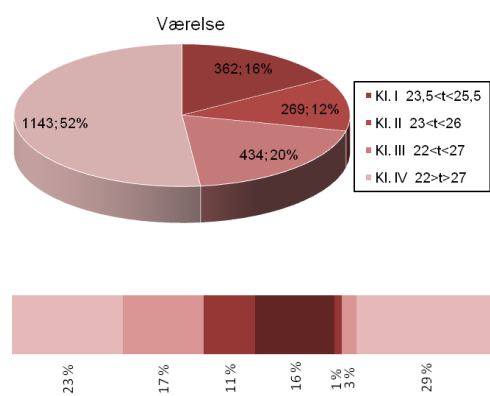


Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2009.

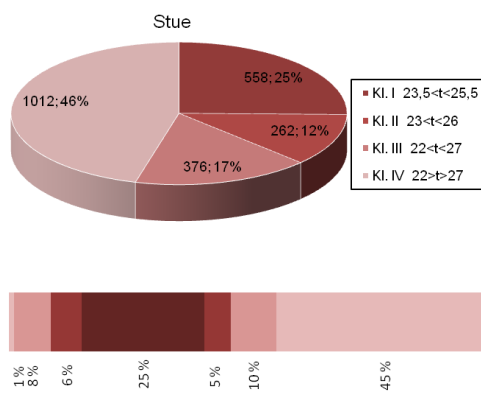
2010



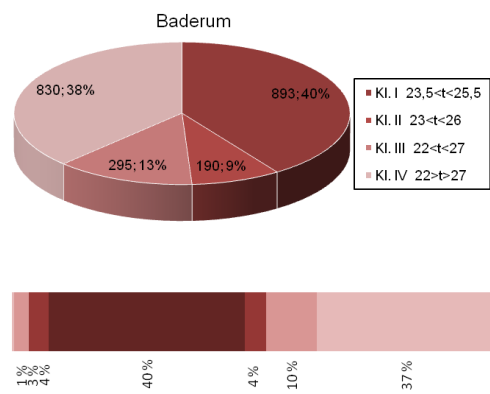
Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



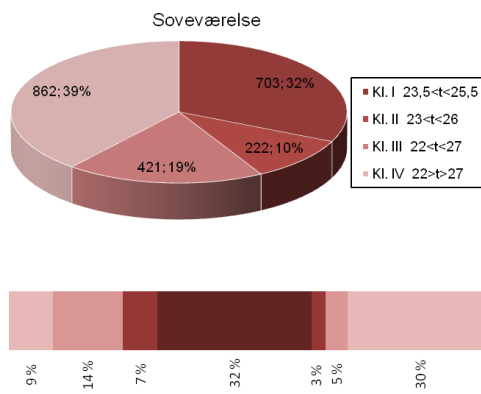
Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



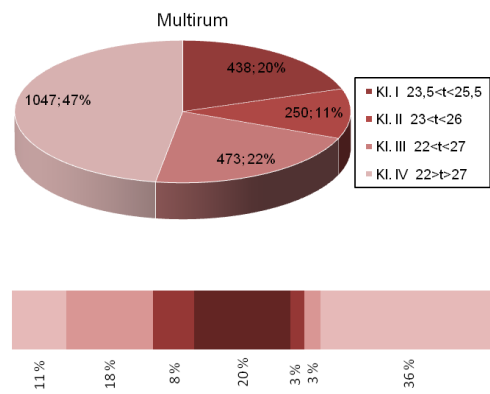
Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.



Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderume i 2010.

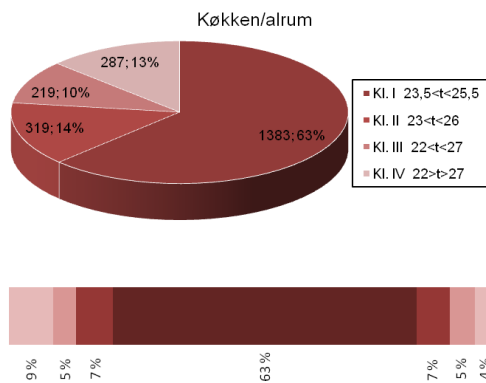


Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

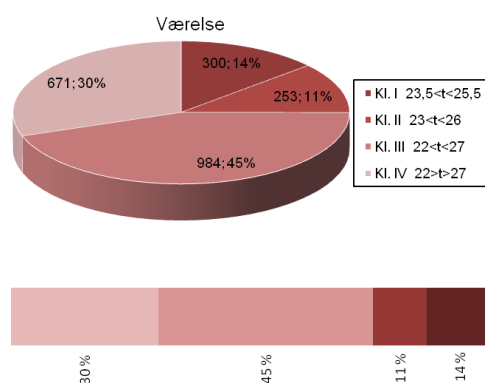


Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2010.

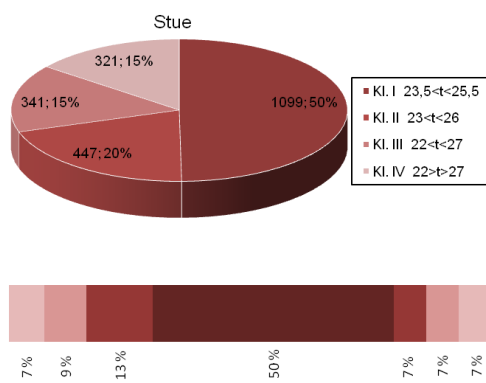
2011



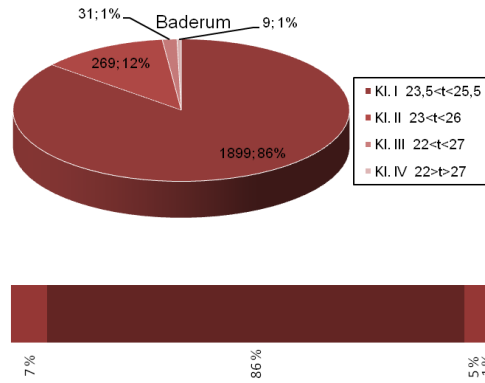
Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



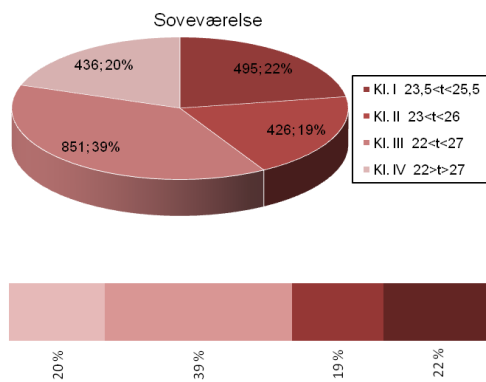
Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



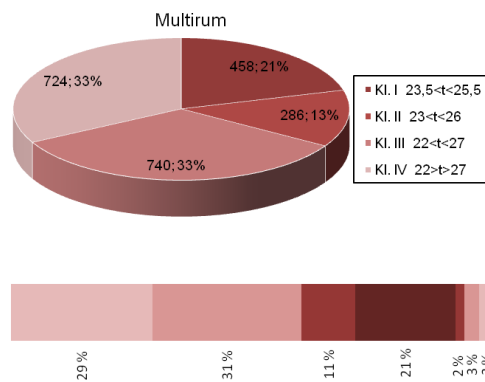
Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i badeværelse i 2011.



Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2011.



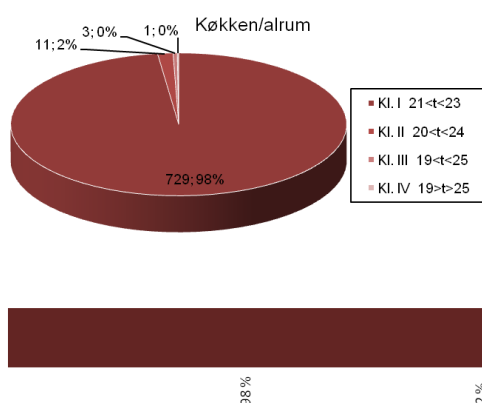
### 10.3 Vintersituation

Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

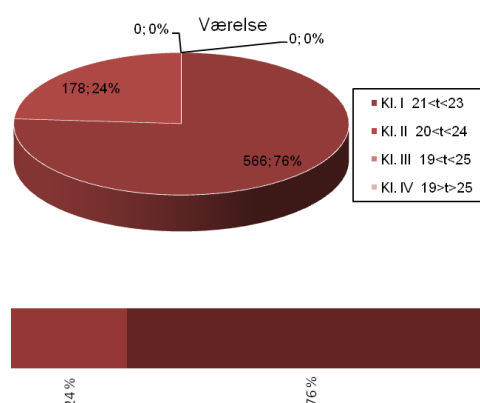
#### 2009

Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december.

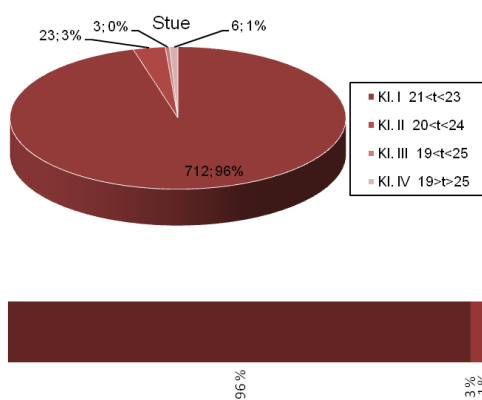
#### 2009



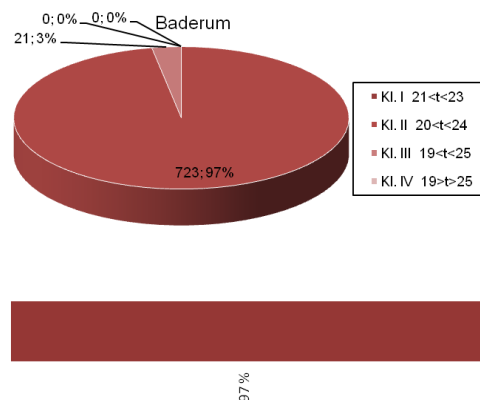
Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



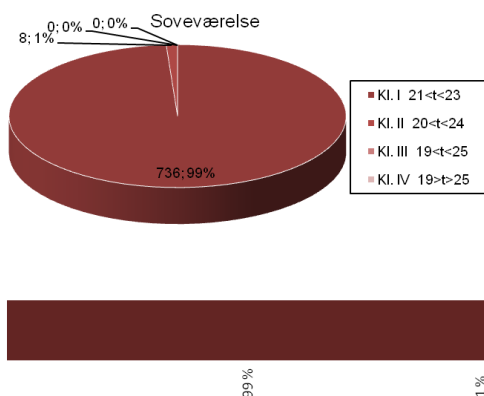
Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



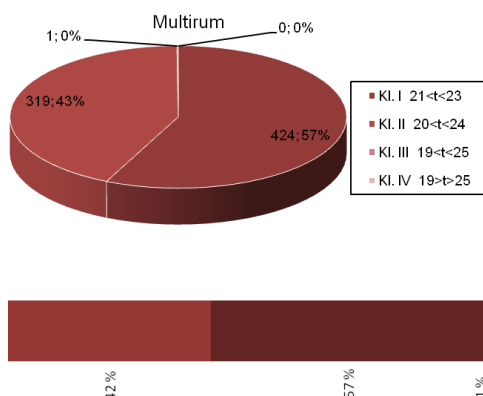
Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

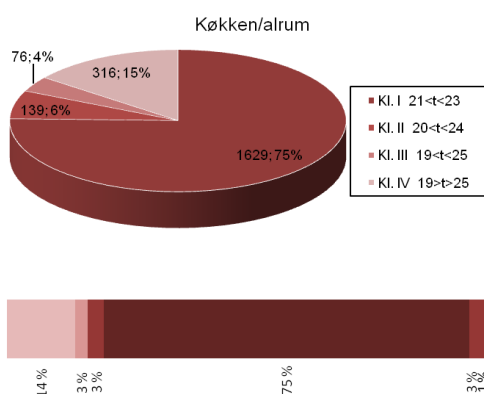


Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

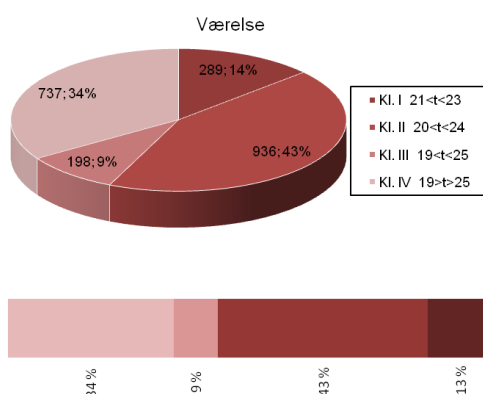


Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2009.

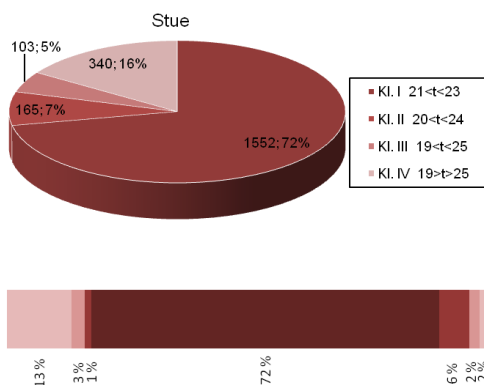
2010



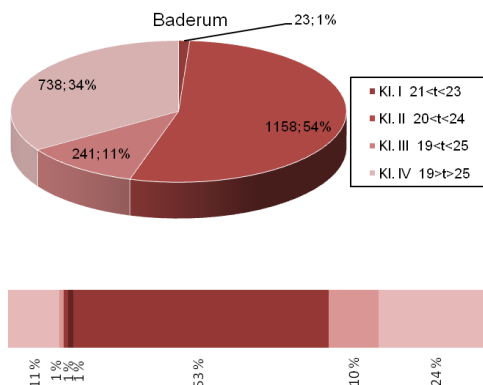
Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



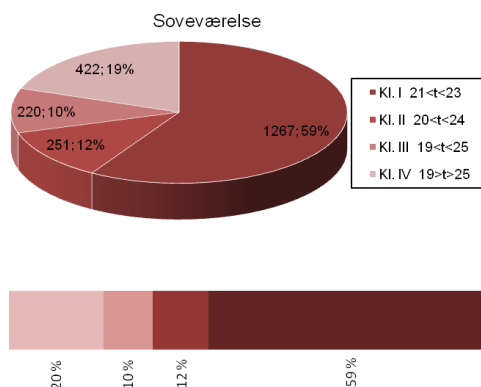
Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.



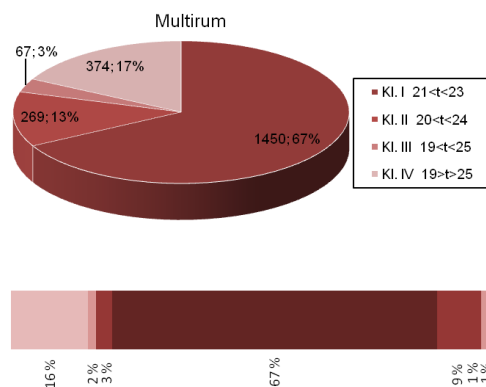
Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 10.47: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

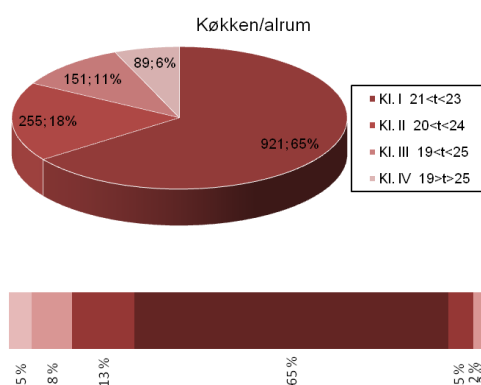


Figur 10.48: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

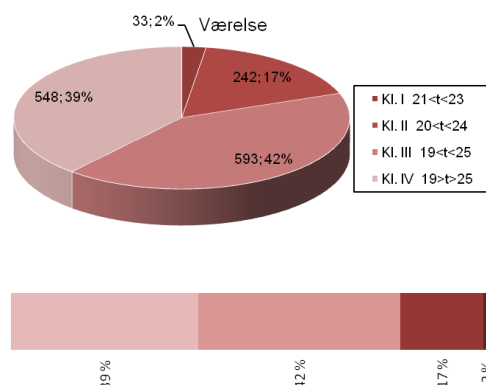


Figur 10.49: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2010.

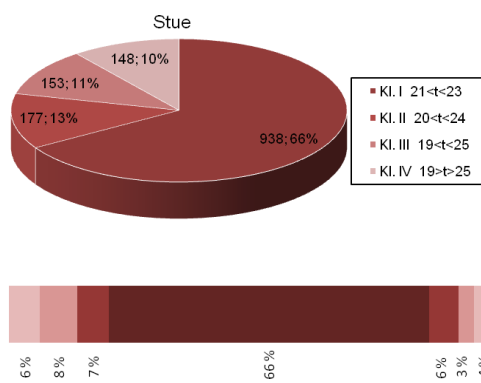
## 2011



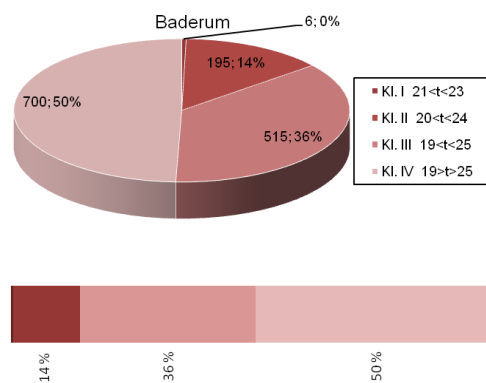
Figur 10.50: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



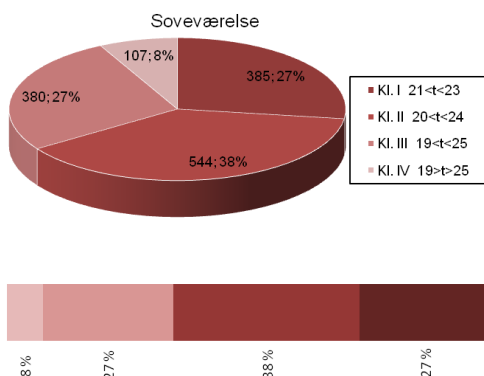
Figur 10.51: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



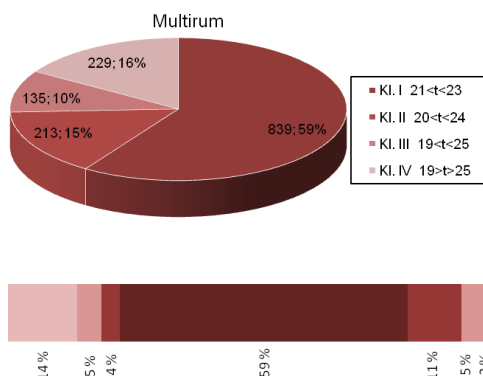
Figur 10.52: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 10.53: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



Figur 10.54: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

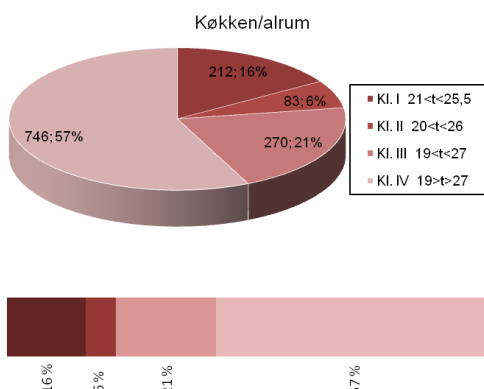


Figur 10.55: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2011.

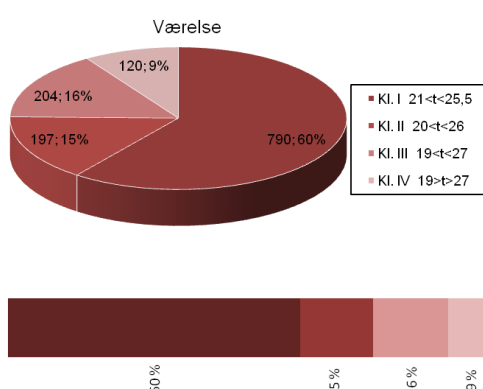
## 10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

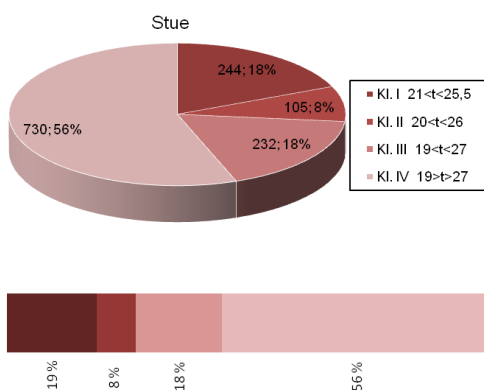
2009



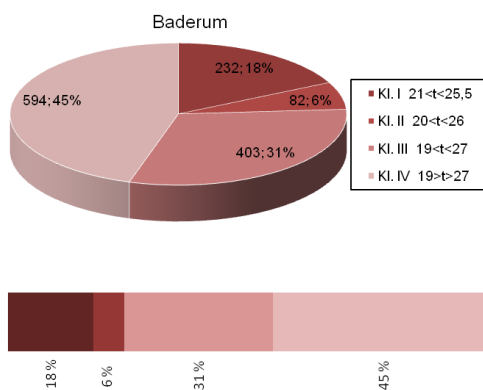
Figur 10.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



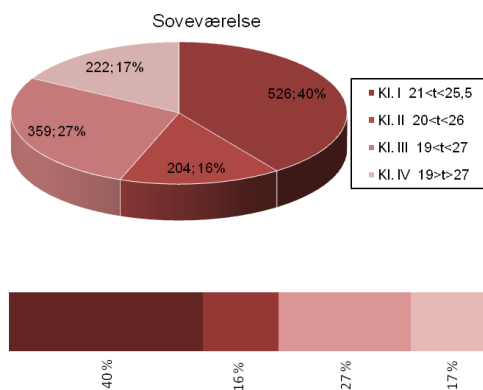
Figur 10.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



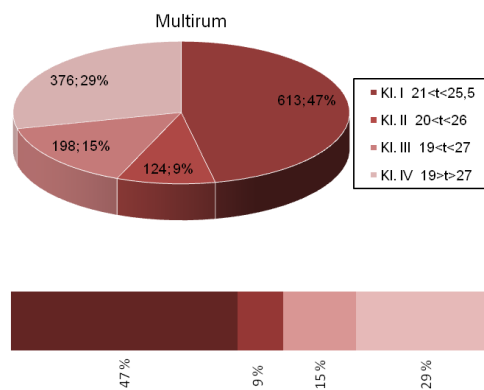
Figur 10.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 10.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

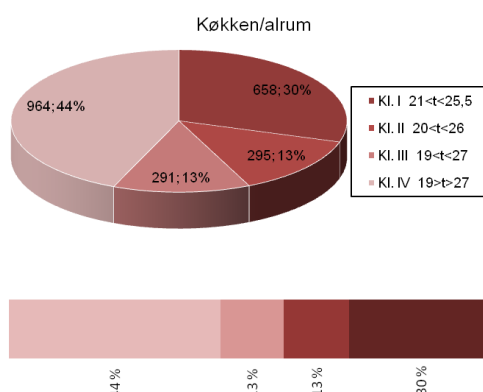


Figur 10.60: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

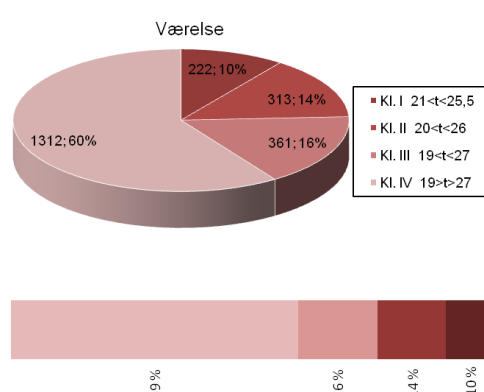


Figur 10.61: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2009.

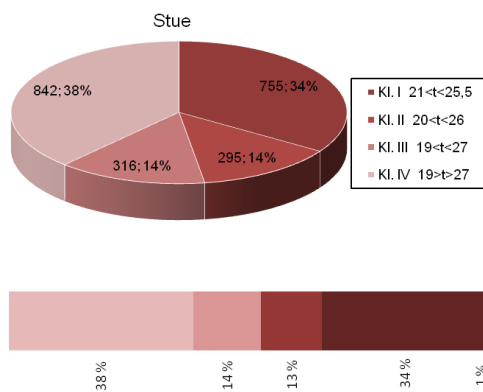
2010



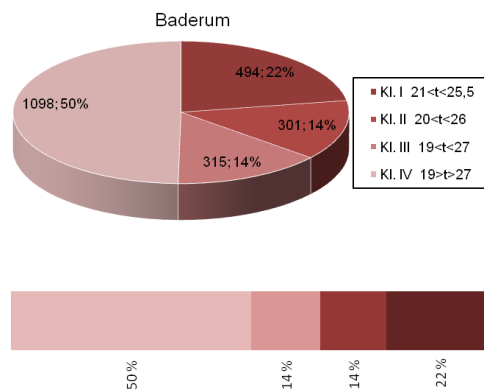
Figur 10.62: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



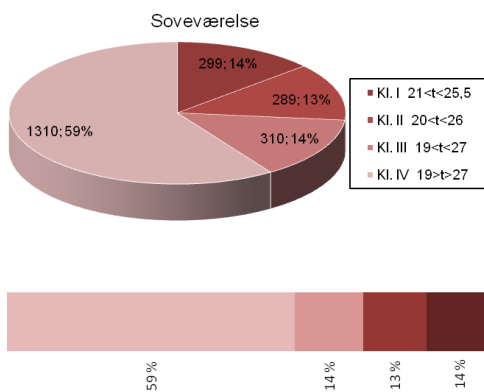
Figur 10.63: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



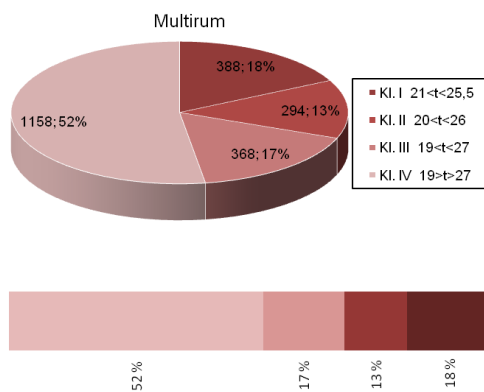
Figur 10.64: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 10.65: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

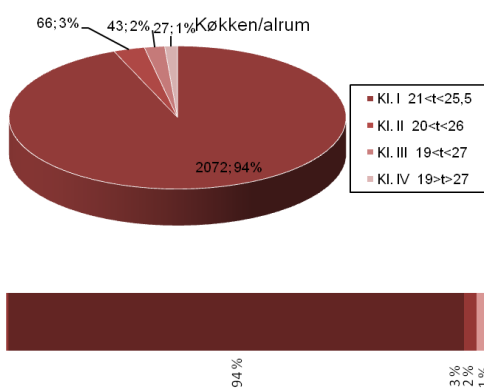


Figur 10.66: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

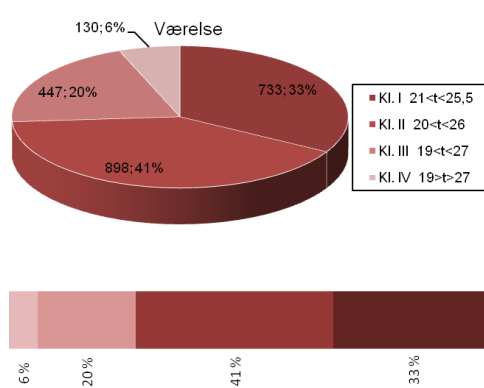


Figur 10.67: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2010.

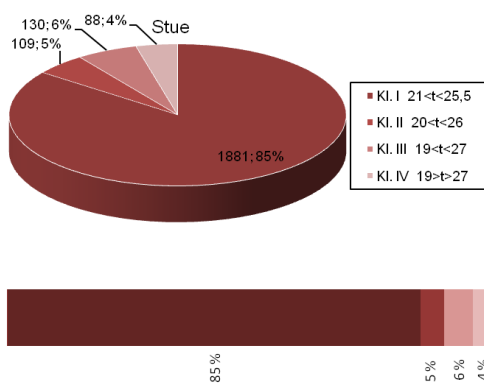
## 2011



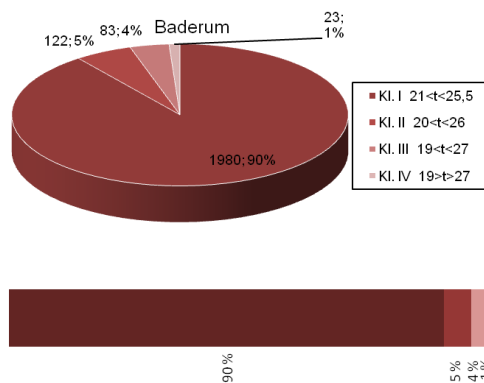
Figur 10.68: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



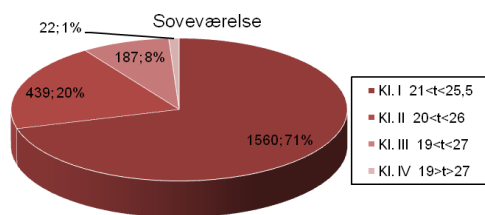
Figur 10.69: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



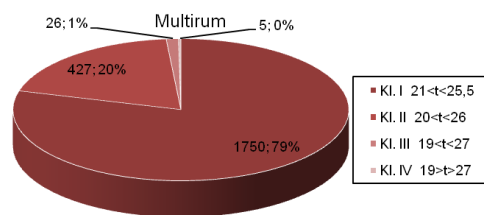
Figur 10.70: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 10.71: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.72: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

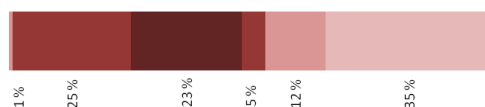
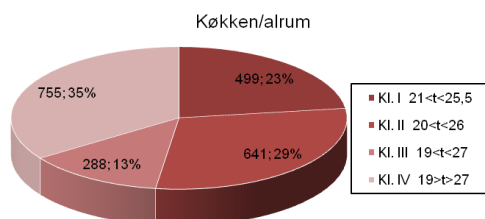


Figur 10.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2011.

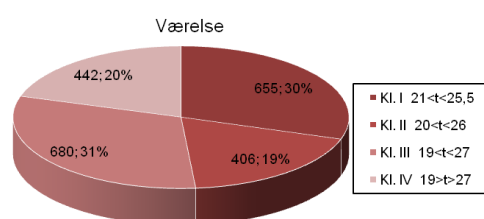
## 10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

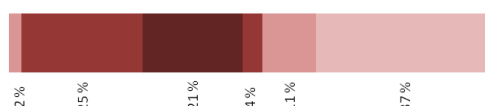
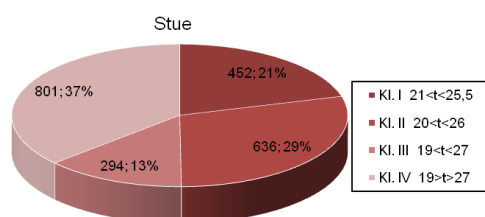
### 2009



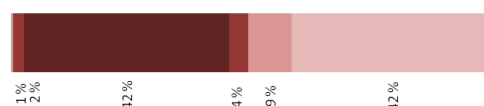
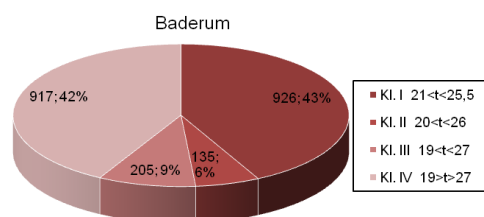
Figur 10.74: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



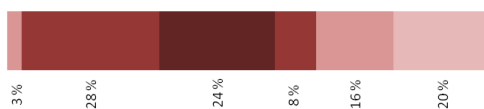
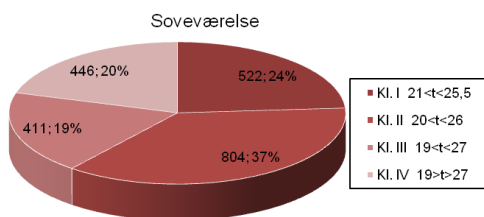
Figur 10.75: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



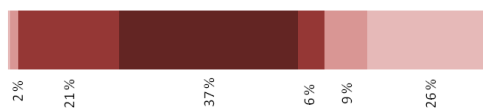
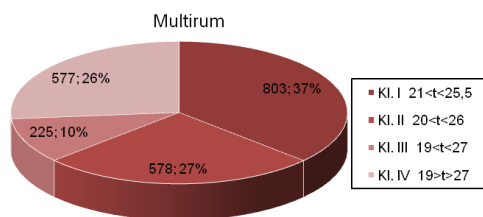
Figur 10.76: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 10.77: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

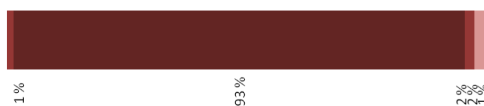
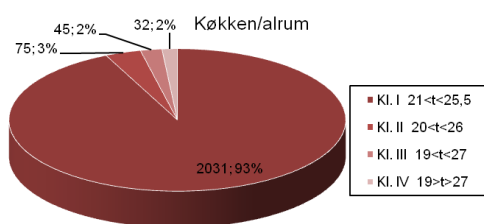


Figur 10.78: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

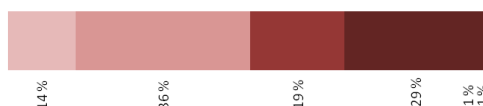
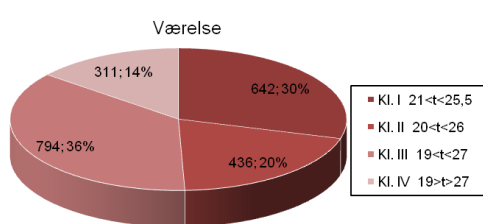


Figur 10.79: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2009.

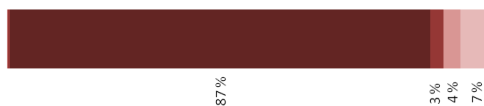
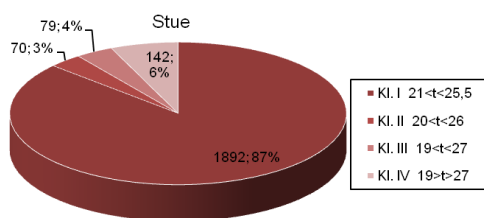
## 2010



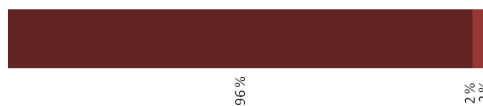
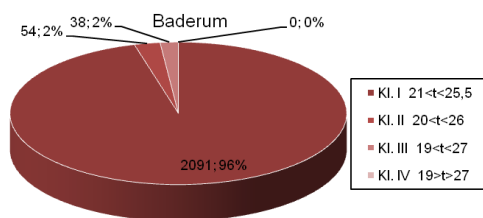
Figur 10.80: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 10.81: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

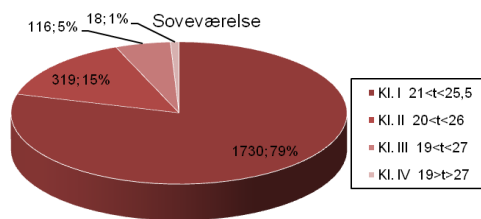


Figur 10.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

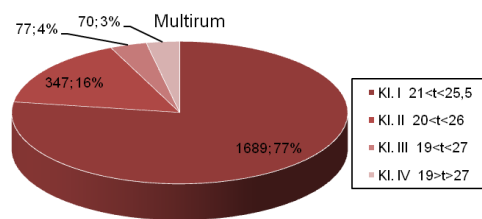


Figur 10.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.



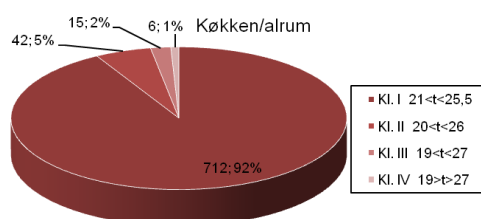


Figur 10.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

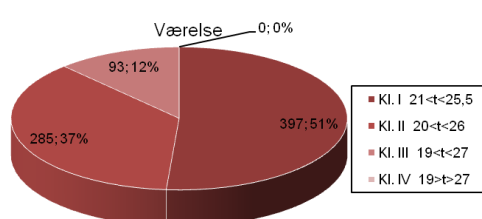


Figur 10.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2010.

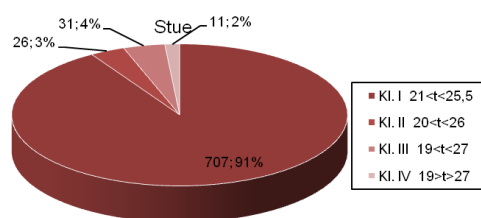
2011



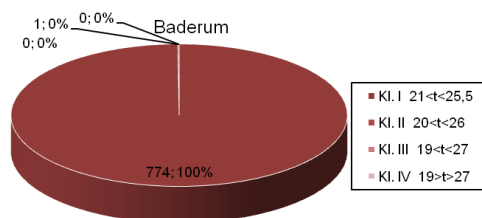
Figur 10.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



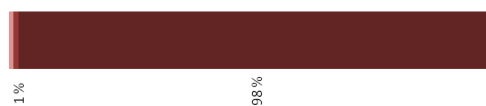
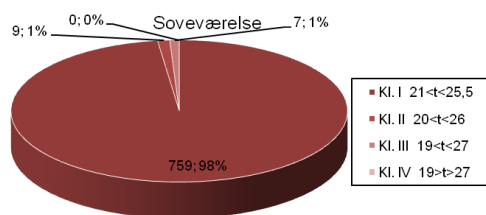
Figur 10.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



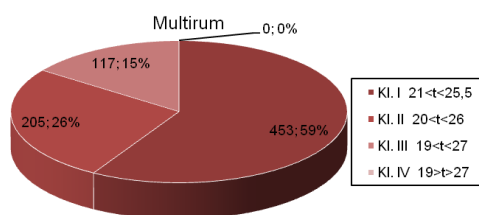
Figur 10.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 10.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.



Figur 10.91: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2011.



## 11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

Dette bilag indeholder diagrammer for CO<sub>2</sub>-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

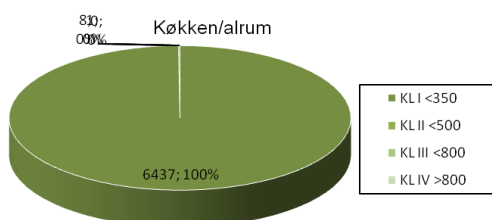
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

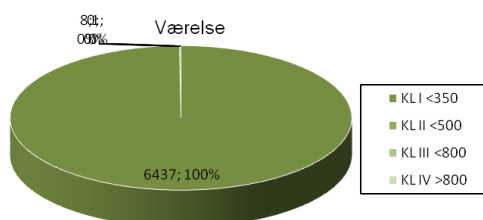
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 11.1.1 Generel situation hele året

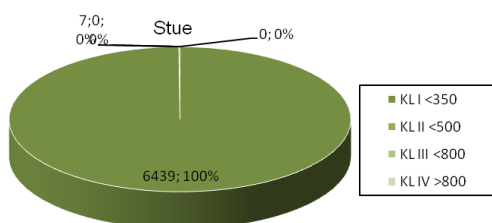
2009



Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

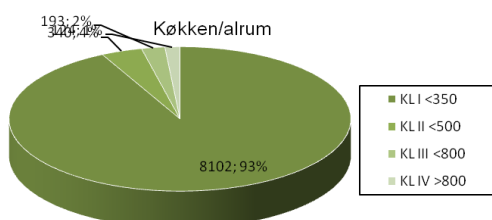


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

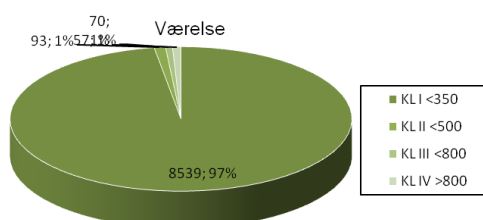


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

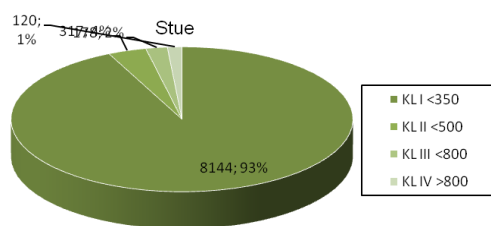
2010



Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

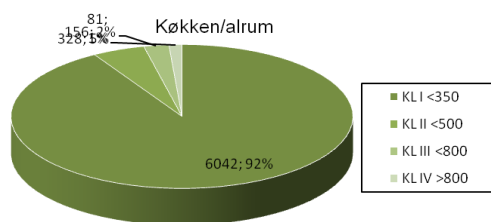


Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

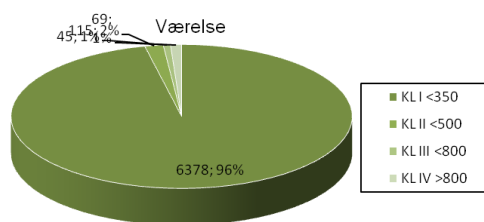


Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

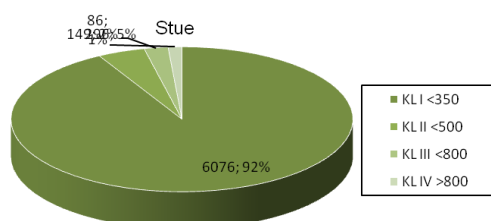
2011



Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



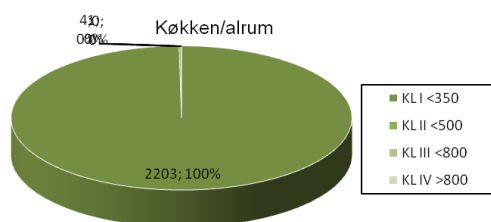
Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



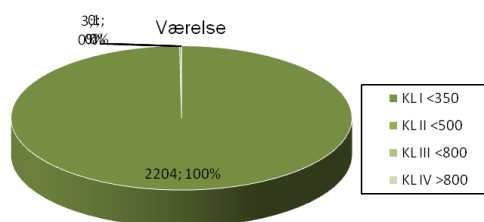
Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

### 11.1.2 Sommersituation

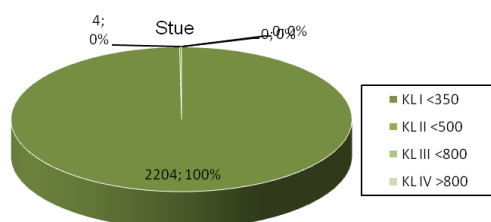
2009



Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

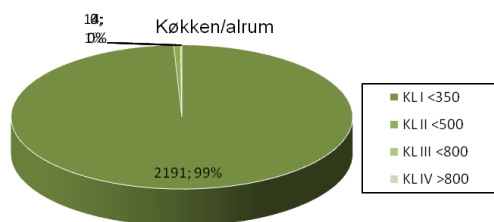


Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

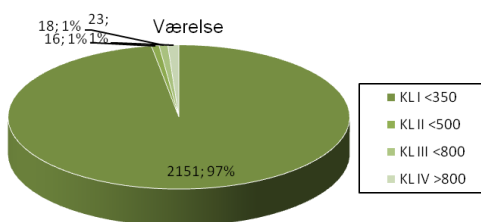


Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

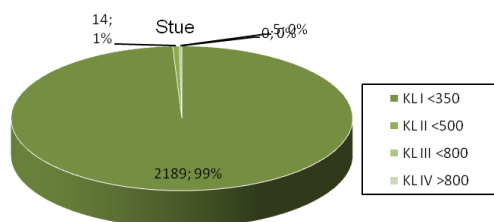
2010



Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

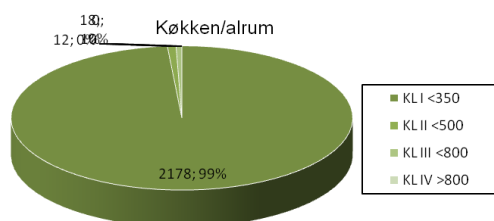


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

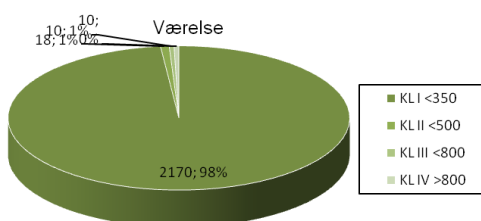


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

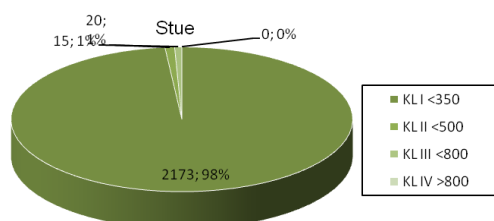
2011



Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



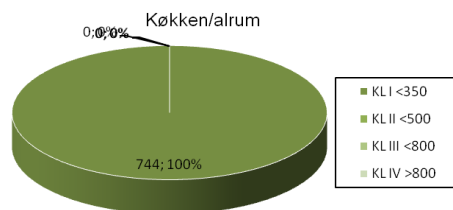
Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



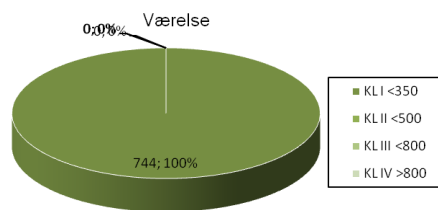
Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### 11.1.3 Vintersituation

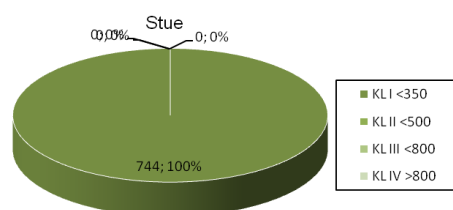
2009



Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

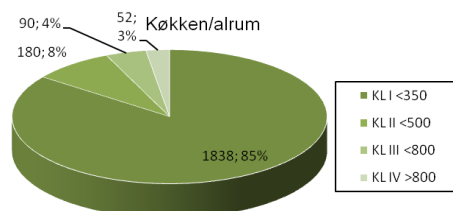


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

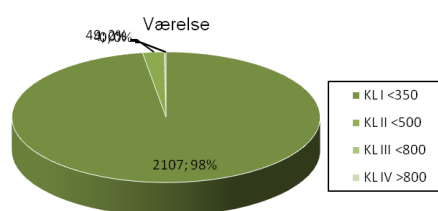


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

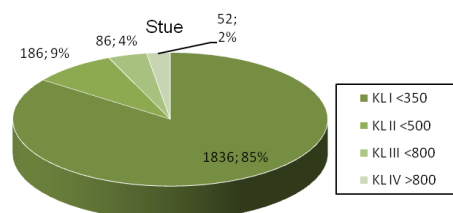
2010



Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

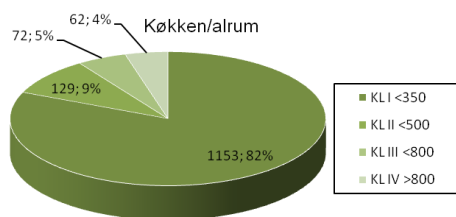


Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

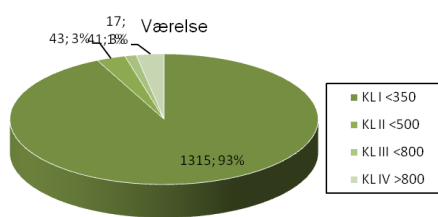


Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

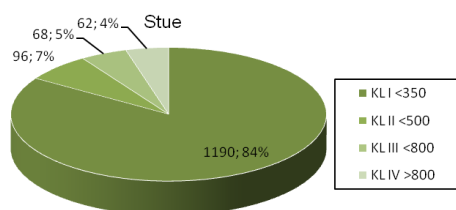
2011



Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



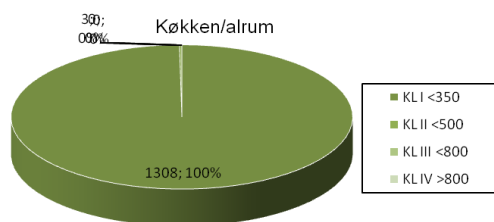
Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



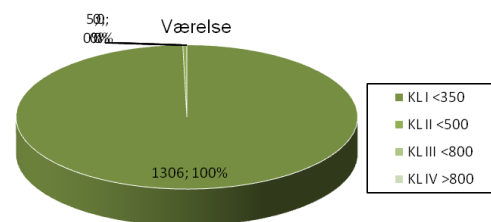
Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

#### 11.1.4 Forårssituation

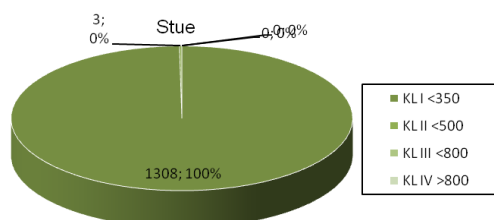
2009



Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



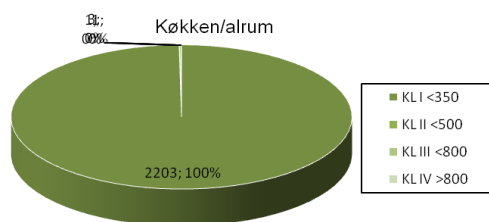
Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



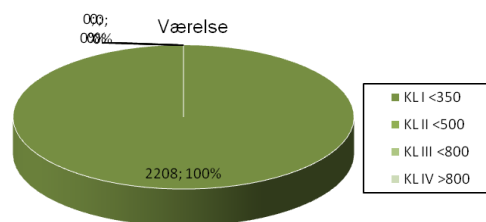
Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



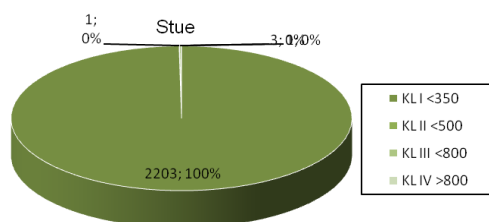
2010



Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

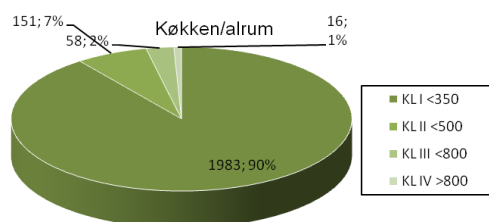


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

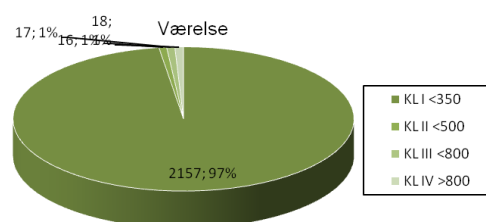


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

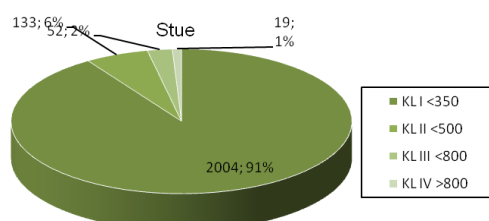
2011



Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



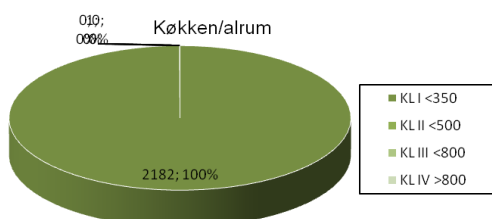
Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



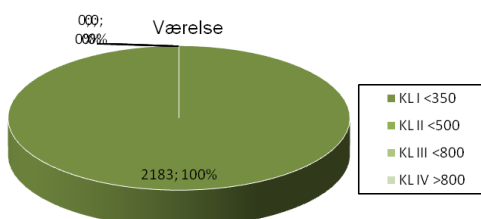
Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

## 11.1.5 Efterårssituation

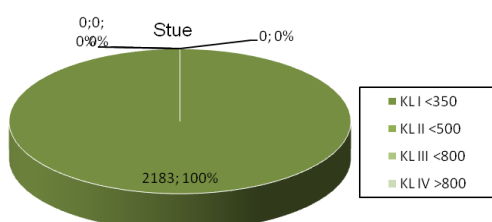
2009



Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

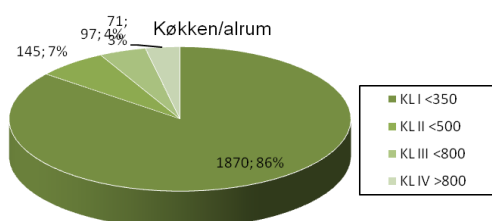


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

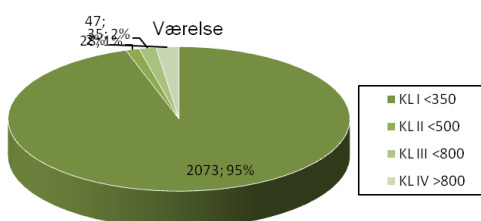


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

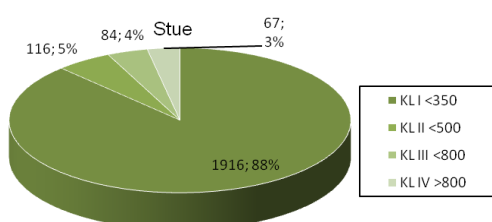
2010



Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

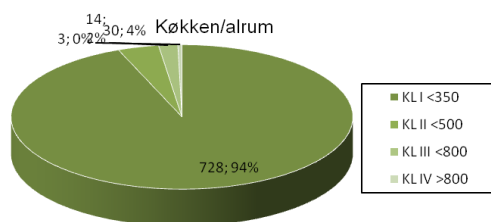


Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

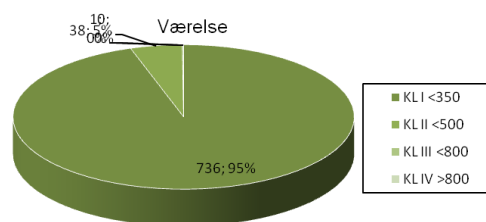


Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

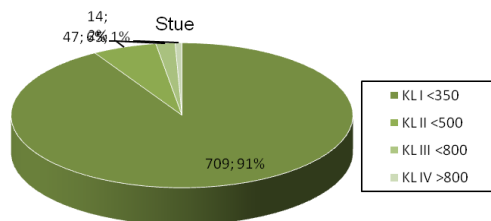
2011



Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



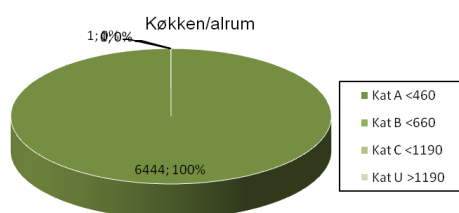
Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

## 11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

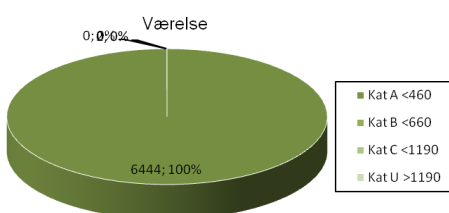
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 11.2.1 Generel situation hele året

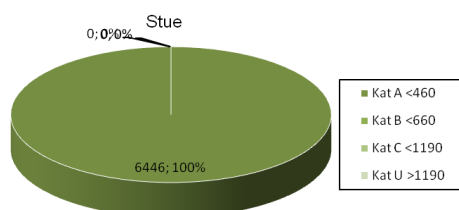
2009



Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

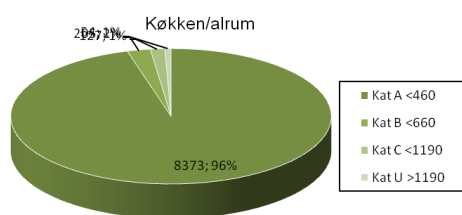


Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.

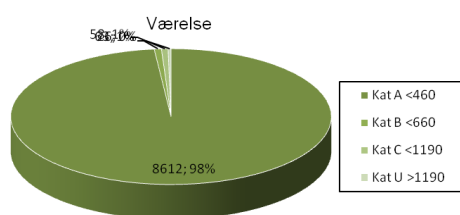


Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

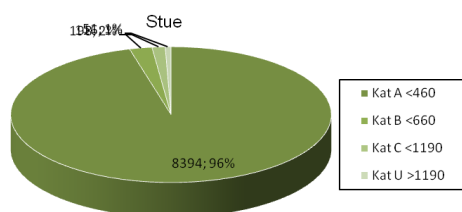
2010



Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

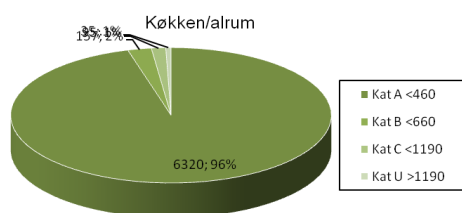


Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.

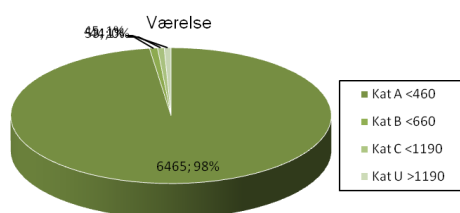


Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

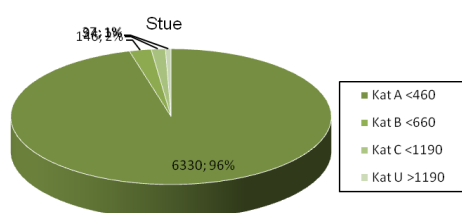
2011



Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



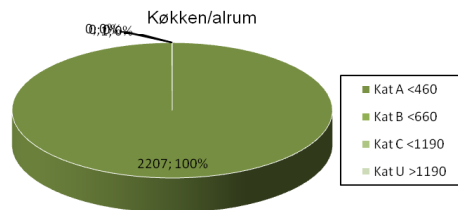
Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



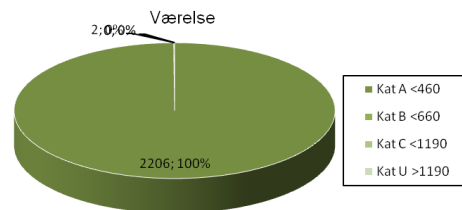
Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.

## 11.2.2 Sommersituation

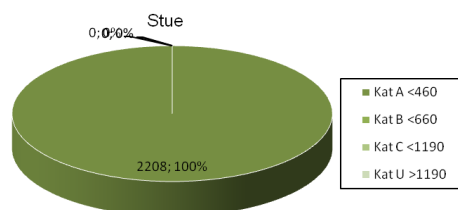
2009



Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

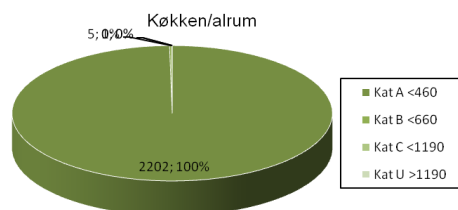


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.

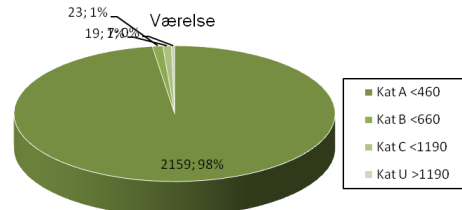


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

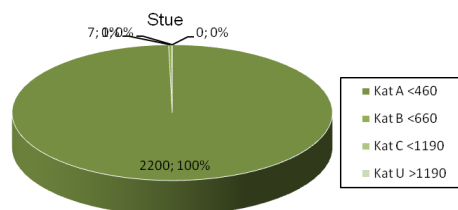
2010



Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

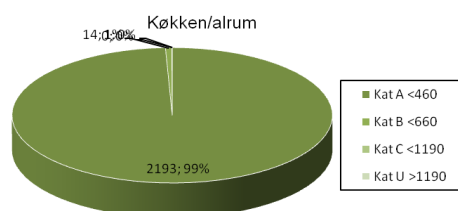


Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

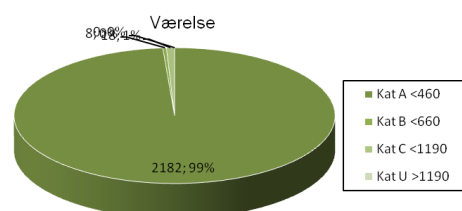


Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

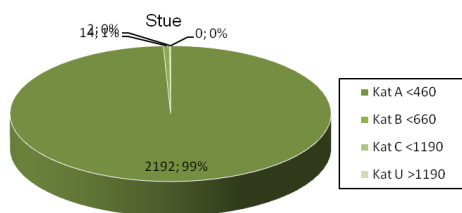
2011



Figur 11.61: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



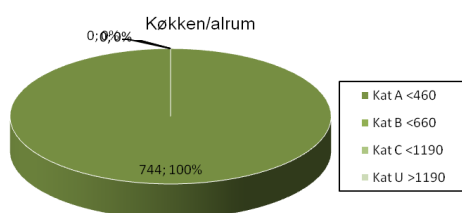
Figur 11.62: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



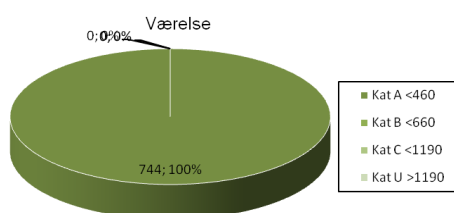
Figur 11.63: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.

### 11.2.3 Vintersituation

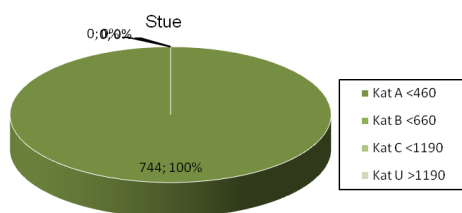
2009



Figur 11.64: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

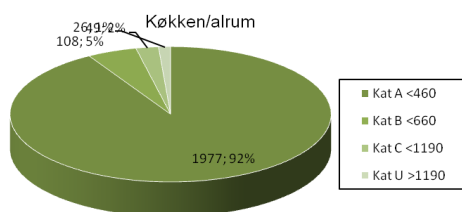


Figur 11.65: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.

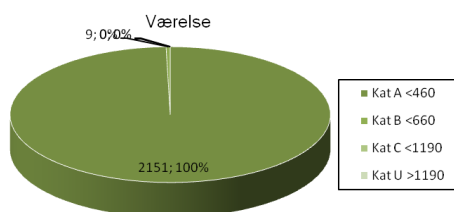


Figur 11.66: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

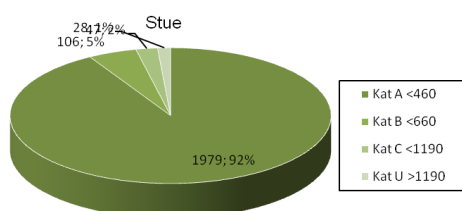
2010



Figur 11.67: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

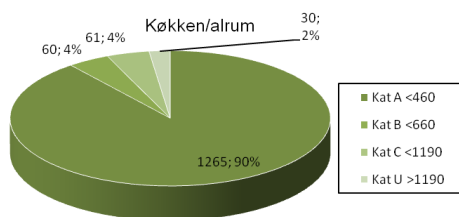


Figur 11.68: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

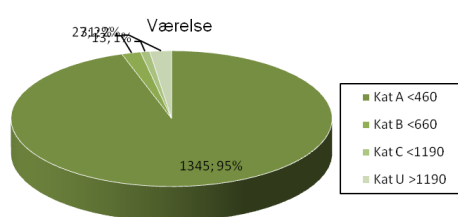


Figur 11.69: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

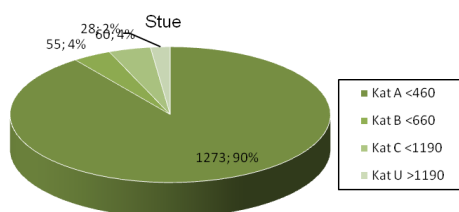
2011



Figur 11.70: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



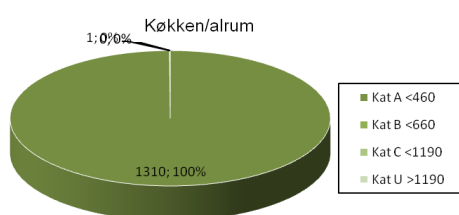
Figur 11.71: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



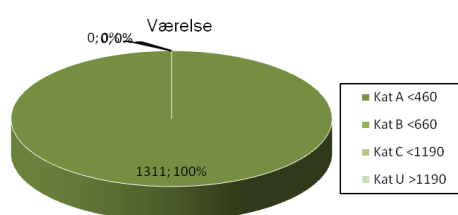
Figur 11.72: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.

#### 11.2.4 Forårssituation

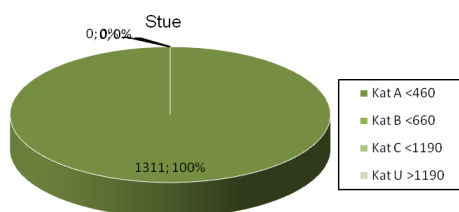
2009



Figur 11.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

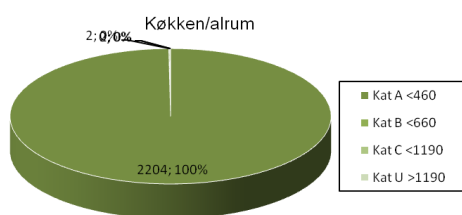


Figur 11.74: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.

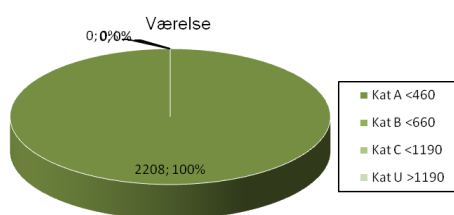


Figur 11.75: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

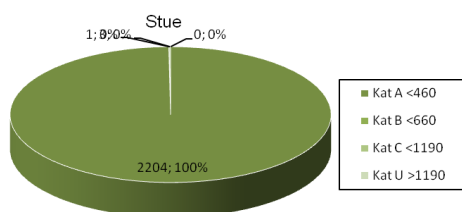
2010



Figur 11.76: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

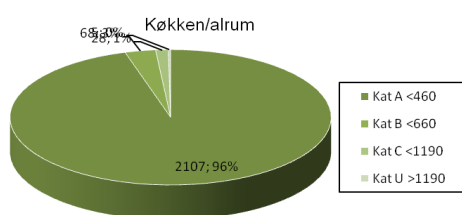


Figur 11.77: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.

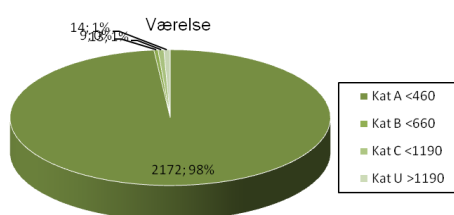


Figur 11.78: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

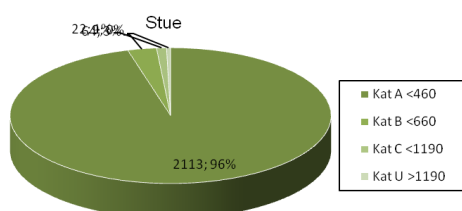
2011



Figur 11.79: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.80: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.

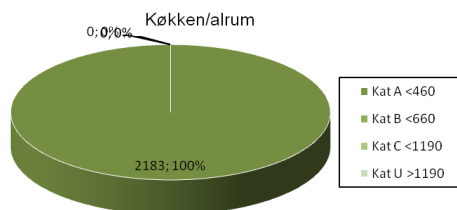


Figur 11.81: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.

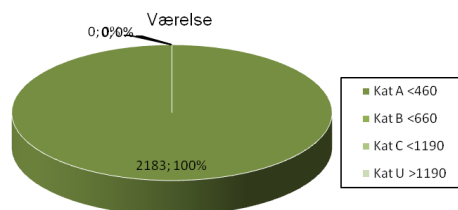


## 11.2.5 Efterårssituation

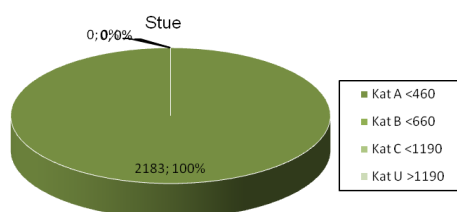
2009



Figur 11.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

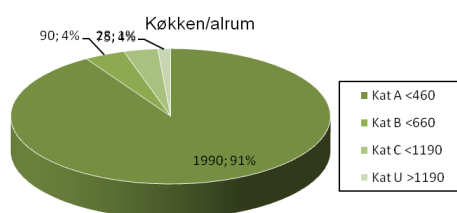


Figur 11.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.

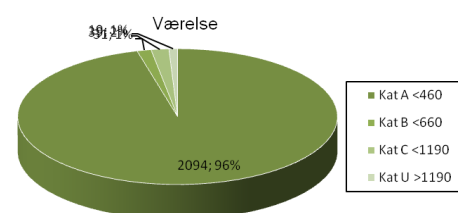


Figur 11.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

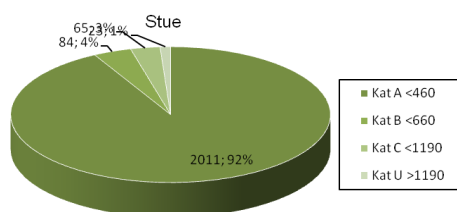
2010



Figur 11.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

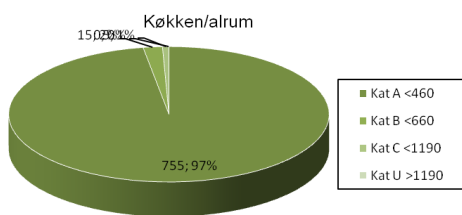


Figur 11.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.

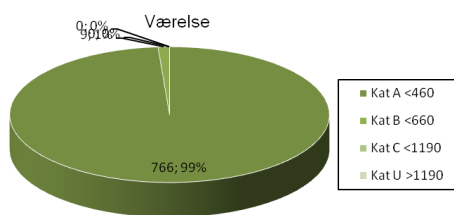


Figur 11.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

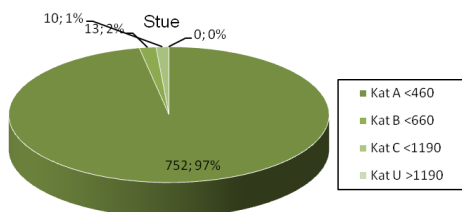
2011



Figur 11.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



Figur 11.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



## 12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

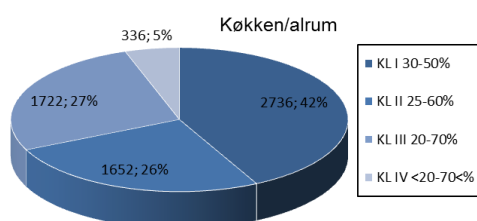
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

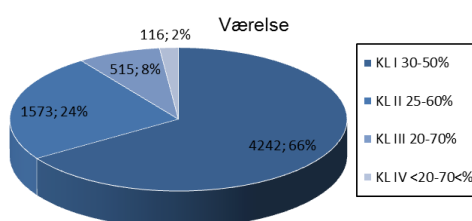
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 12.1.1 Generel situation hele året

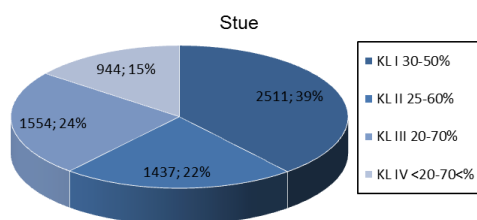
2009



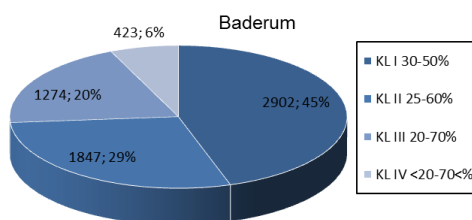
Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



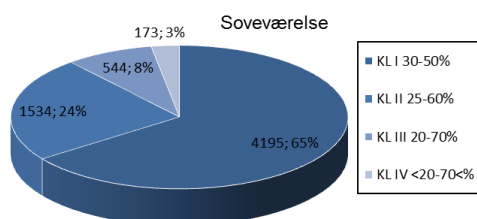
Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



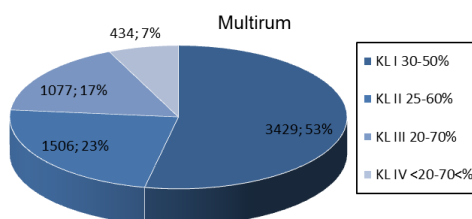
Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

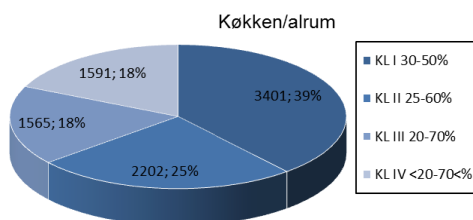


Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

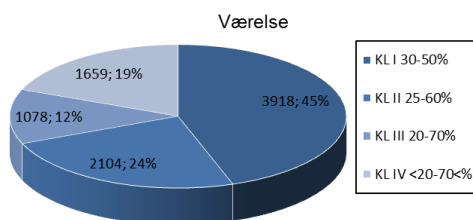


Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2009.

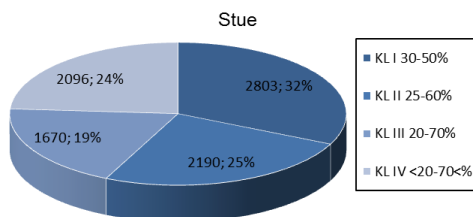
2010



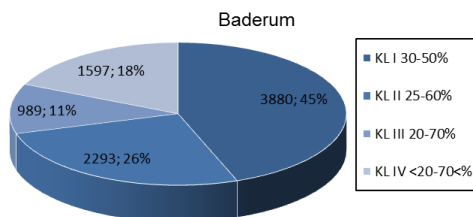
Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



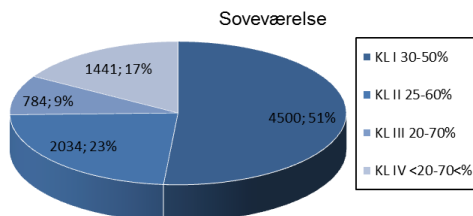
Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



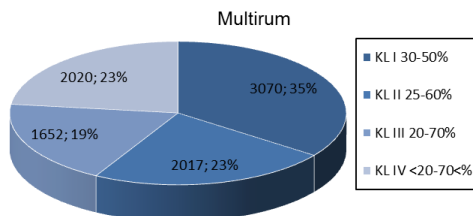
Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

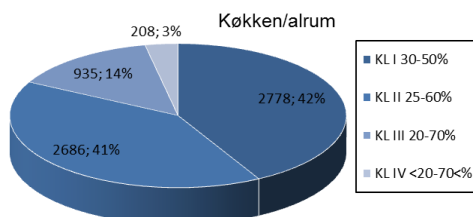


Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

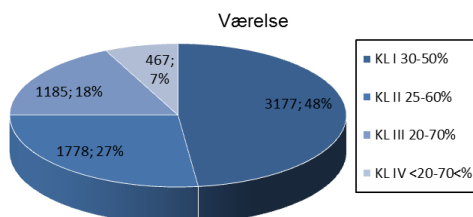


Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2010.

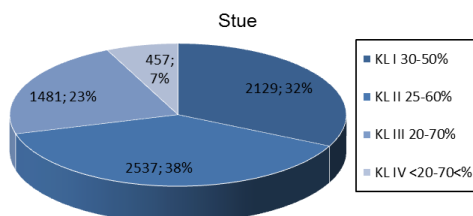
2011



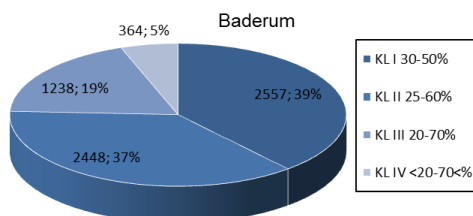
Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



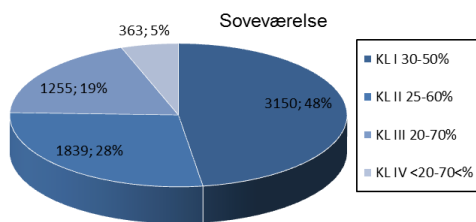
Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



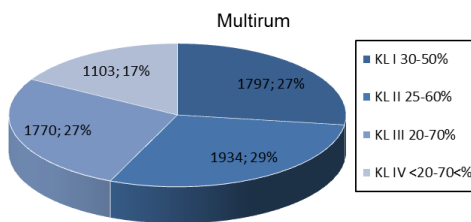
Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



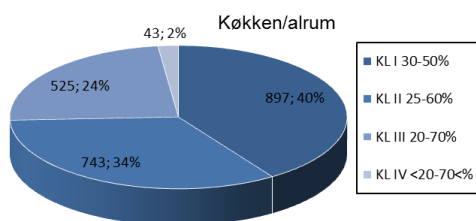
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.



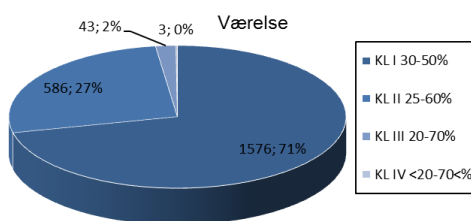
Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2011.

## 12.1.2 Sommersituation

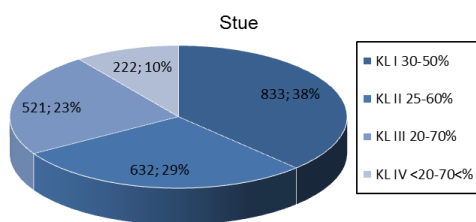
2009



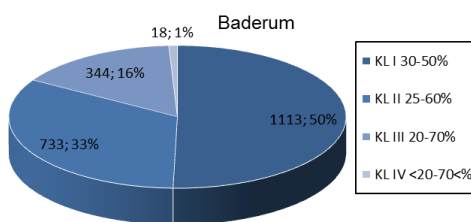
Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



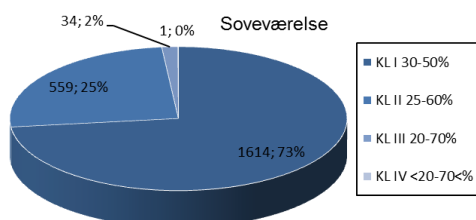
Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



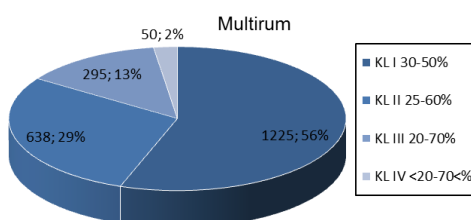
Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

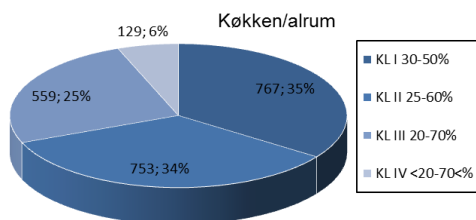


Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

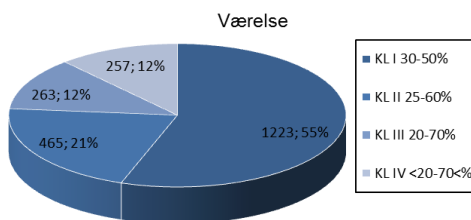


Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2009.

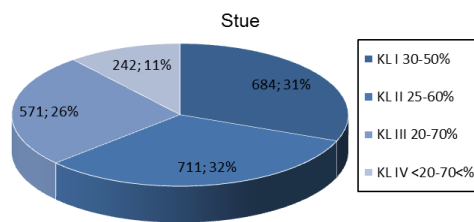
2010



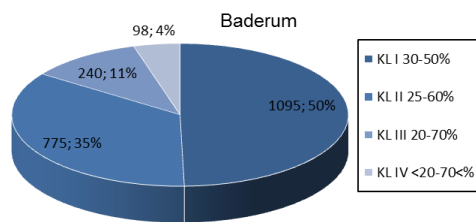
Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



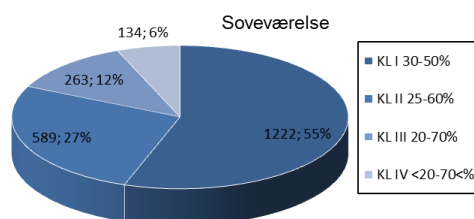
Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.



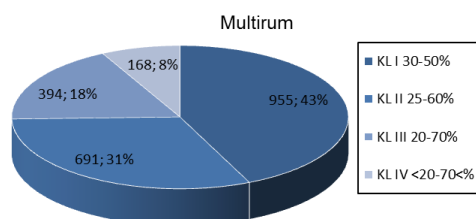
Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.



Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

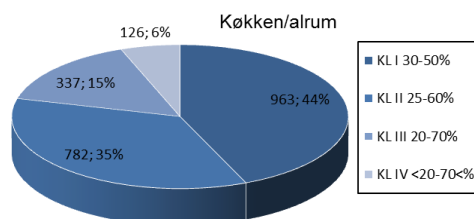


Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

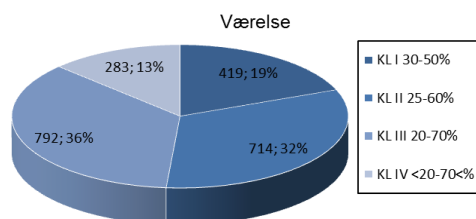


Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2010.

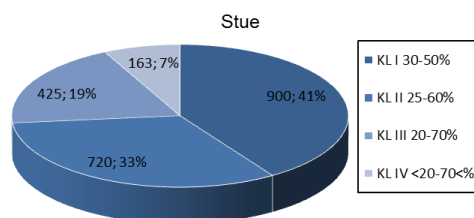
## 2011



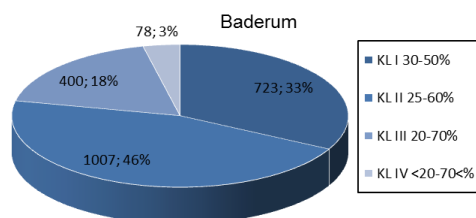
Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



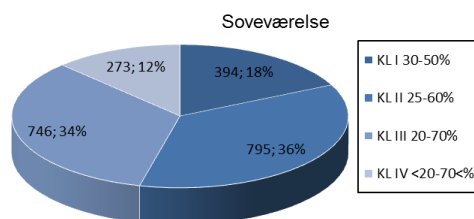
Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



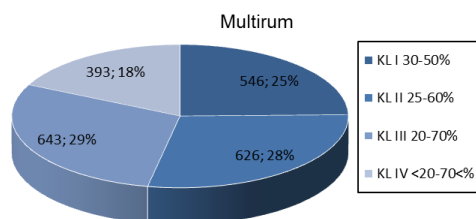
Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



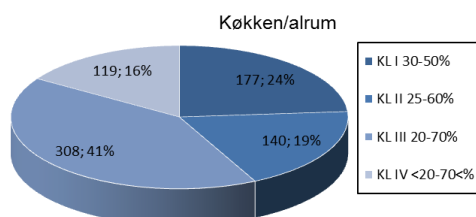
Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



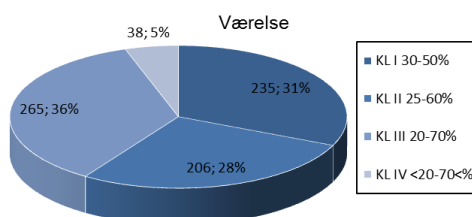
Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2011.

### 12.1.3 Vintersituation

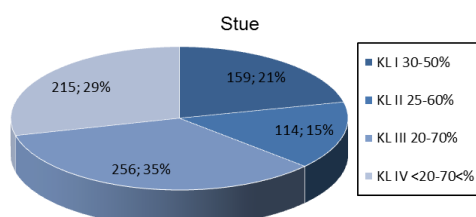
2009



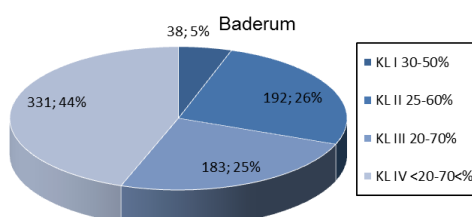
Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



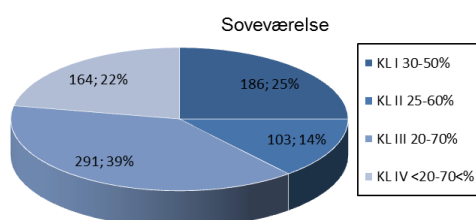
Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



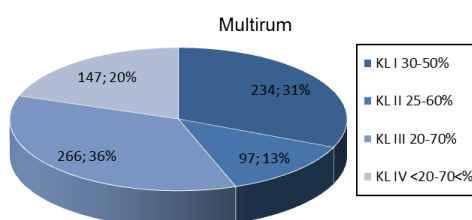
Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

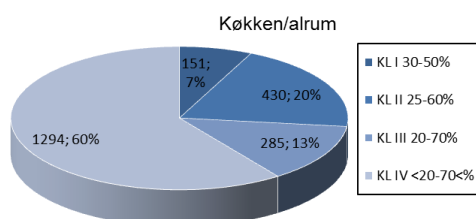


Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

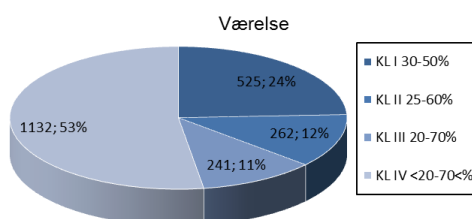


Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2009.

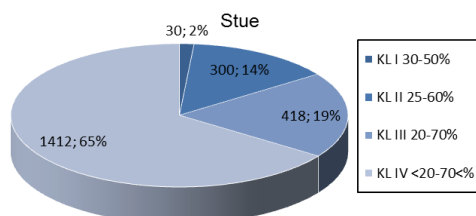
2010



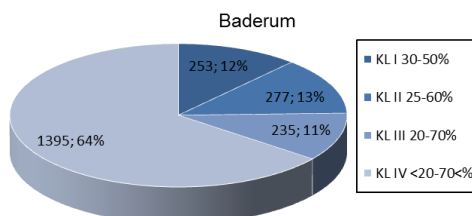
Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.

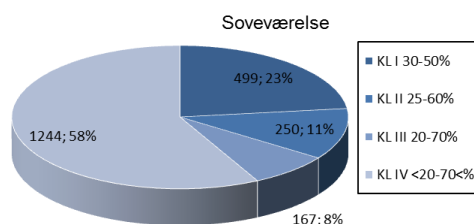


Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

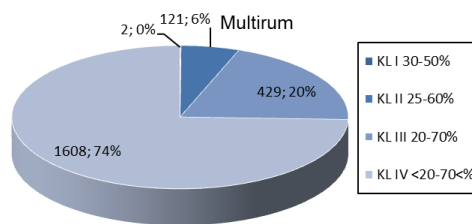


Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.



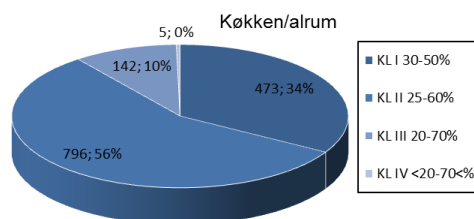


Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

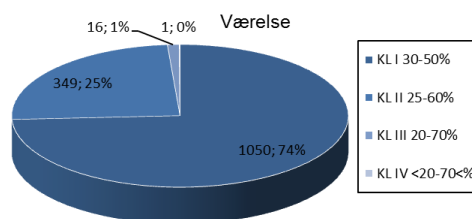


Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2010.

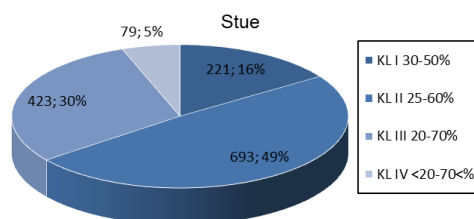
## 2011



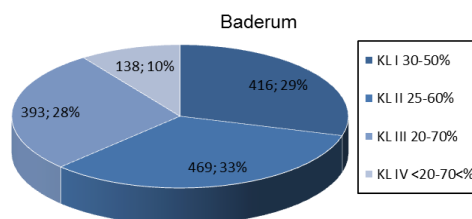
Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



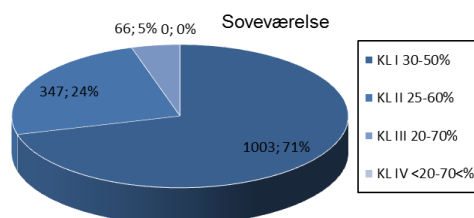
Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



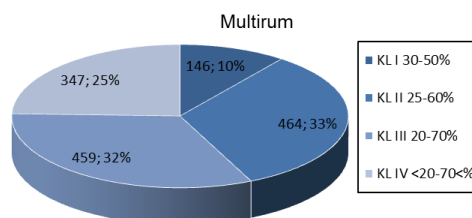
Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



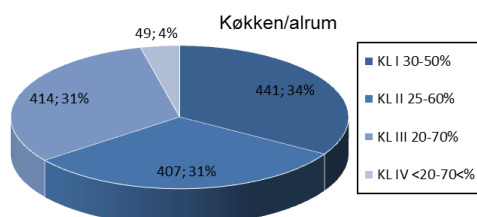
Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.



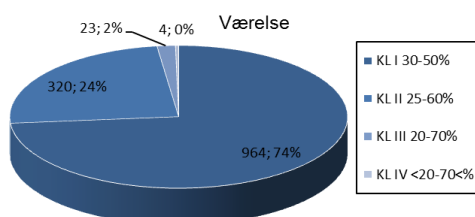
Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2011.

## 12.1.4 Forårssituation

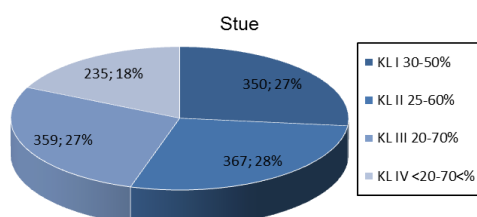
2009



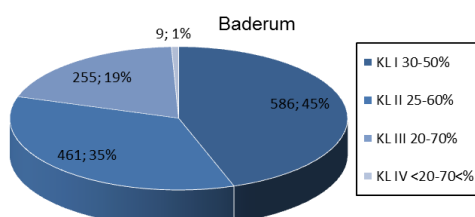
Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



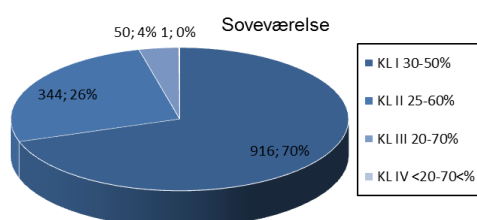
Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



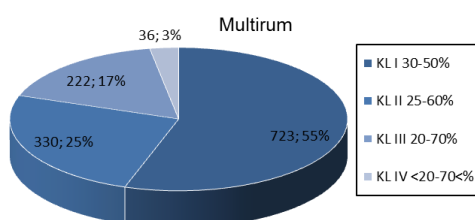
Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

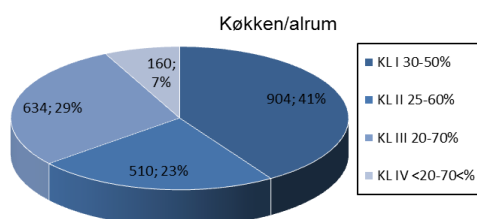


Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

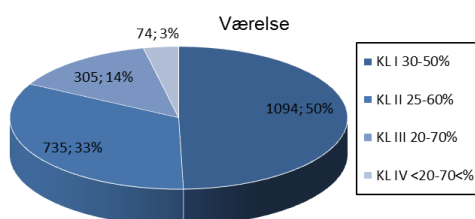


Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2009.

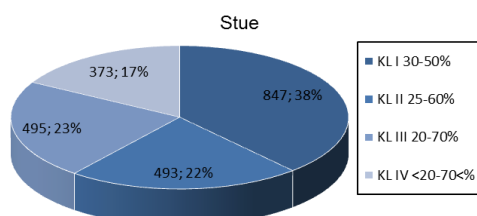
2010



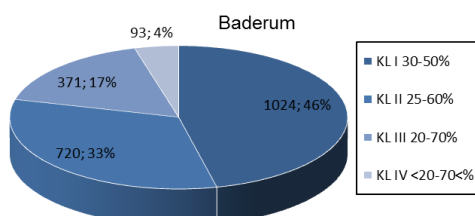
Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



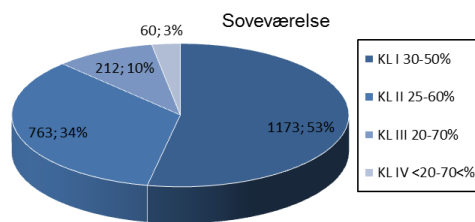
Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



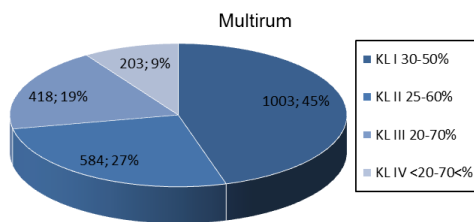
Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

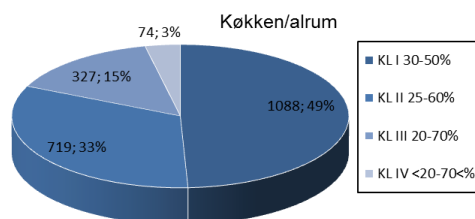


Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

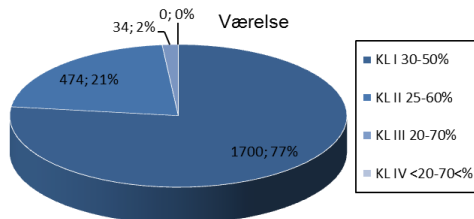


Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2010.

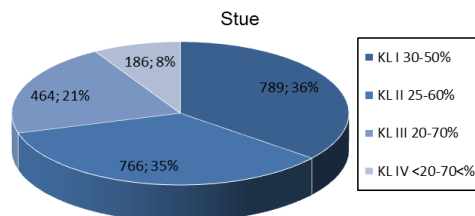
2011



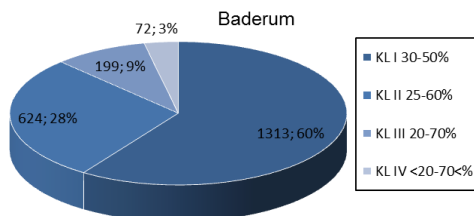
Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



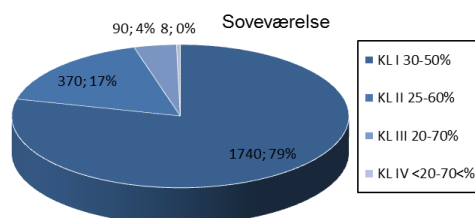
Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



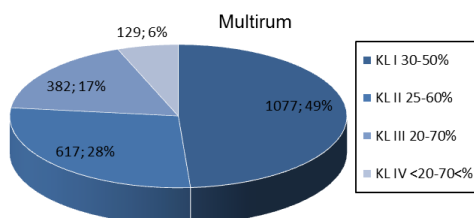
Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 12.70: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



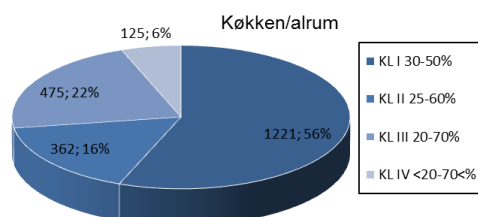
Figur 12.71: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.



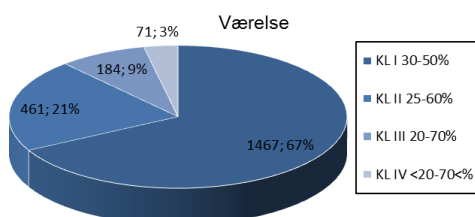
Figur 12.72: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2011.

## 12.1.5 Efterårssituation

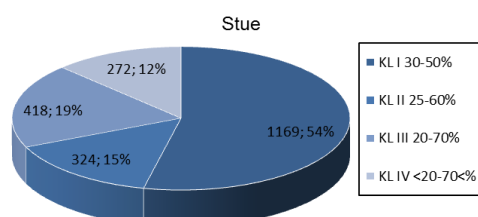
2009



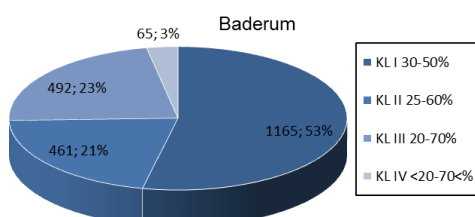
Figur 12.73: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



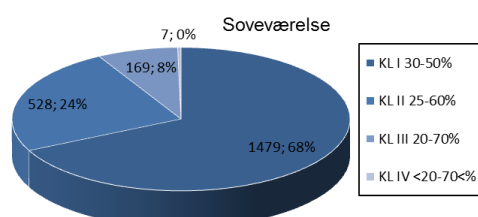
Figur 12.74: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



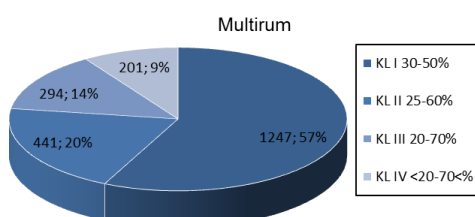
Figur 12.75: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

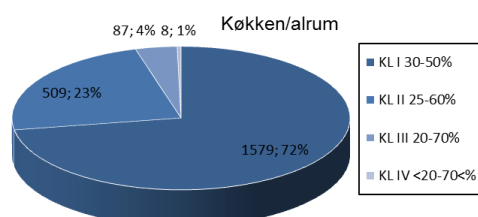


Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

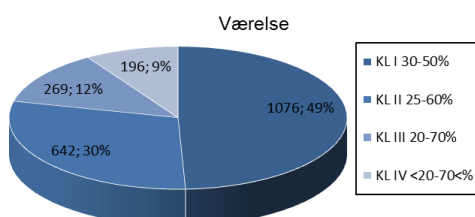


Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2009.

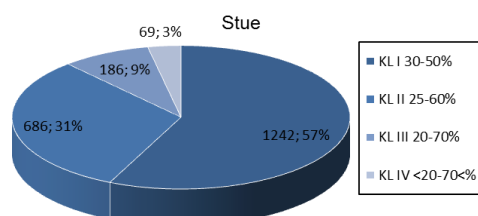
2010



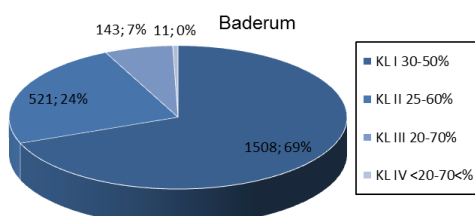
Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



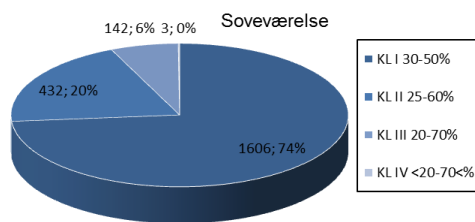
Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.



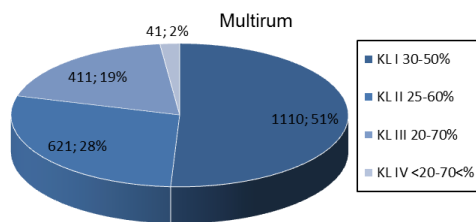
Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.



Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

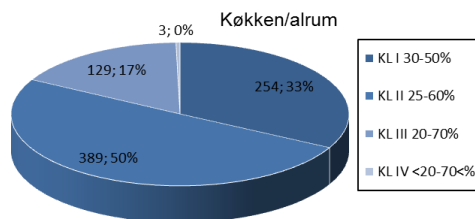


Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

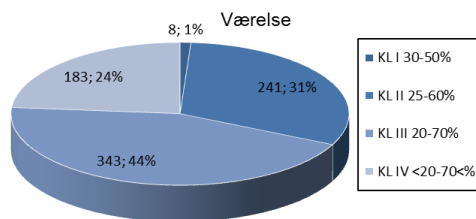


Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2010.

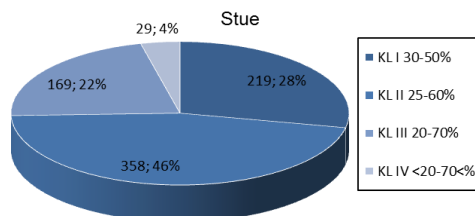
2011



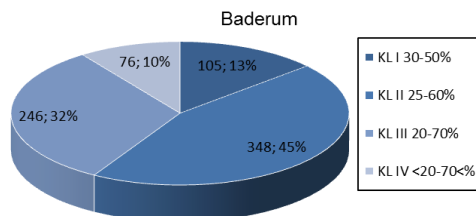
Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



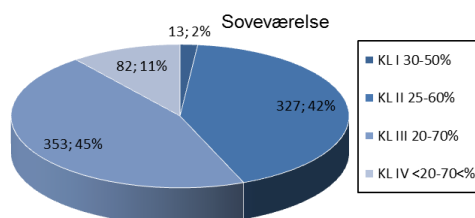
Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



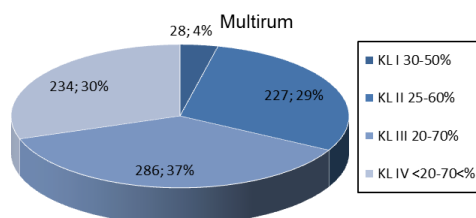
Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.



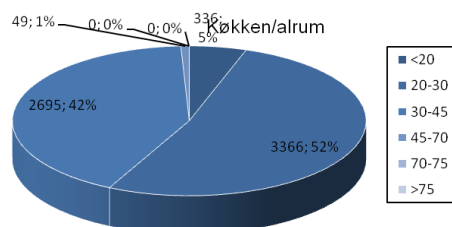
Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2011.

## 12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

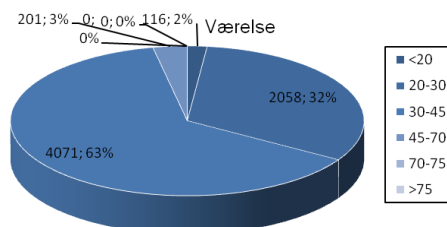
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 12.2.1 Generel situation hele året

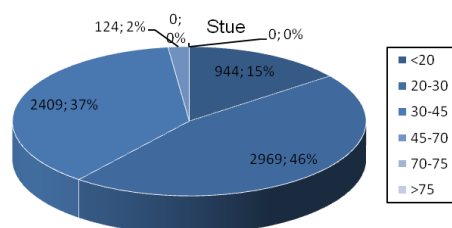
2009



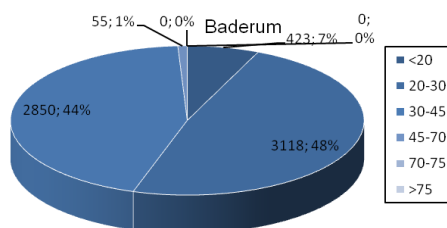
Figur 12.91: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



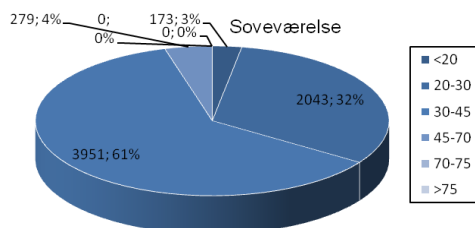
Figur 12.92: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2009.



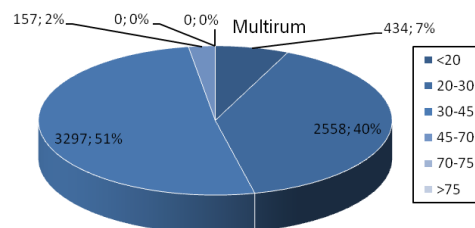
Figur 12.93: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 12.94: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

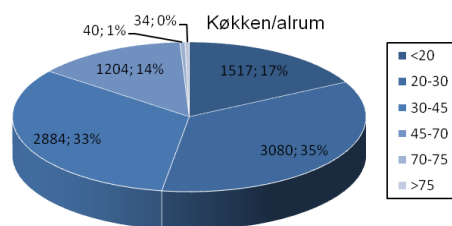


Figur 12.95: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

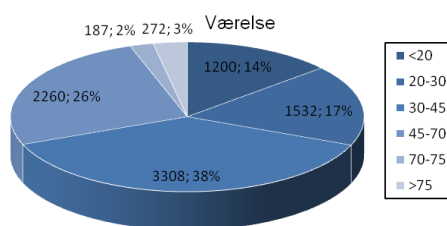


Figur 12.96: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2009.

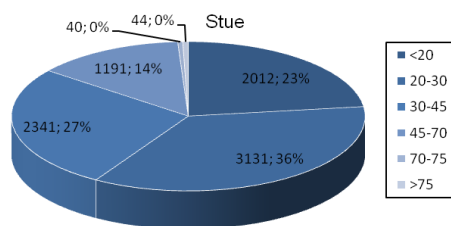
2010



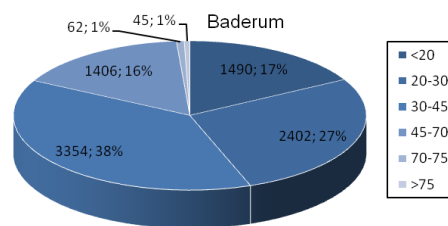
Figur 12.97: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



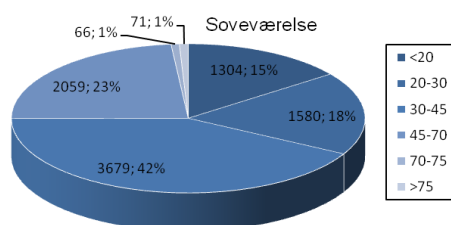
Figur 12.98: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2010.



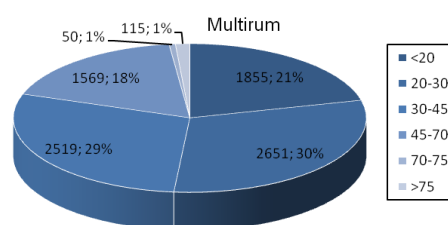
Figur 12.99: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



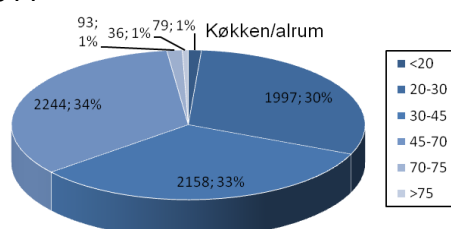
Figur 12.100: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.



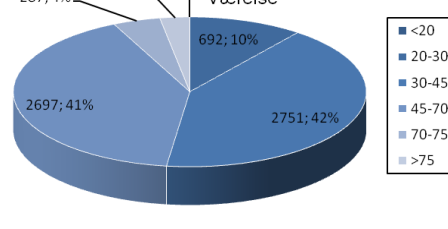
Figur 12.101: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.



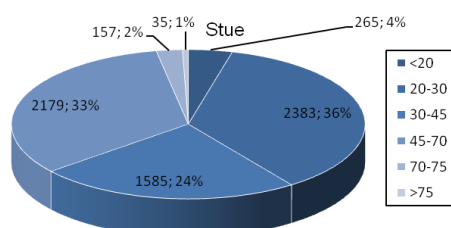
Figur 12.102: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2010.



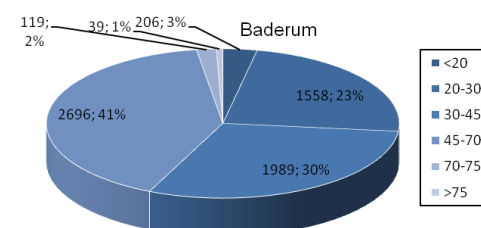
Figur 12.103: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



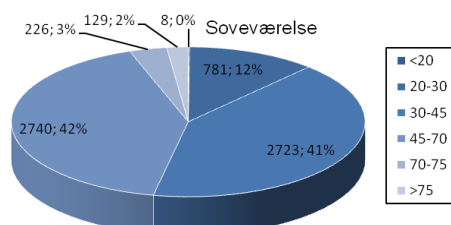
Figur 12.104: Timefordeling i komfortklasser for hele året i værelse i 2011.



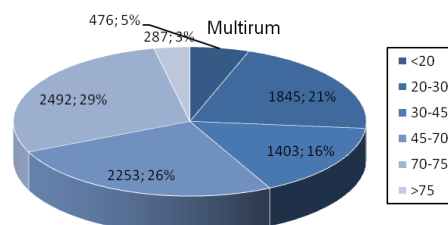
Figur 12.105: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 12.106: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



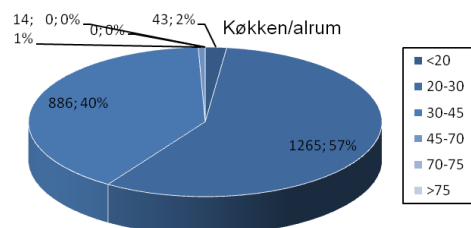
Figur 12.107: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.



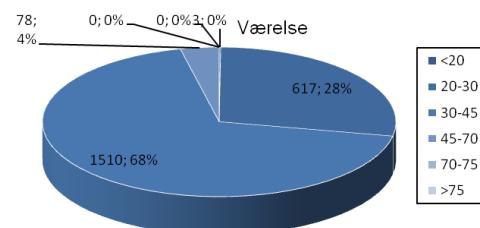
Figur 12.108: Timefordeling i komfortklasser for hele året i multirum i 2011.

## Sommersituation

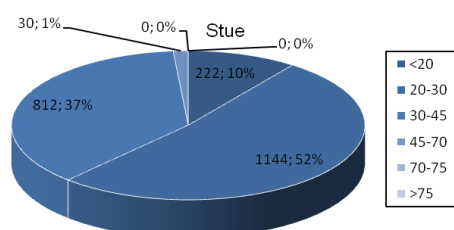
2009



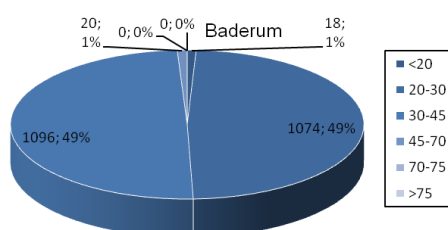
Figur 12.109: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



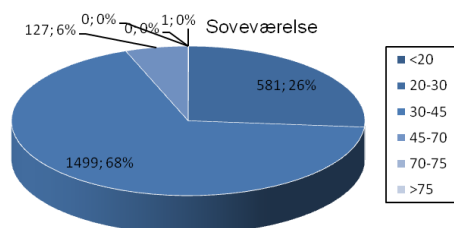
Figur 12.110: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2009.



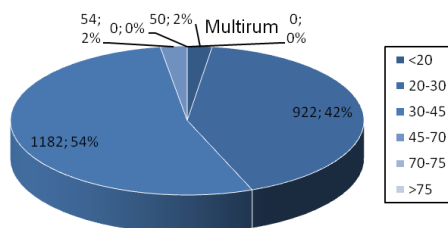
Figur 12.111: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 12.112: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

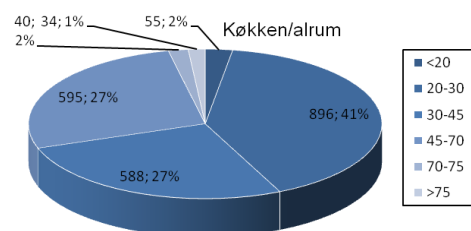


Figur 12.113: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

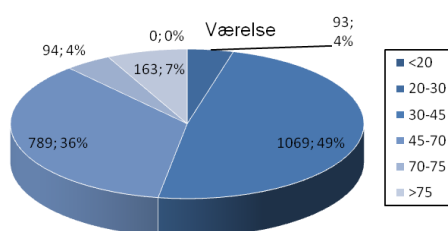


Figur 12.114: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2009.

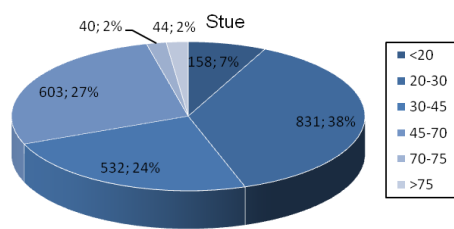
2010



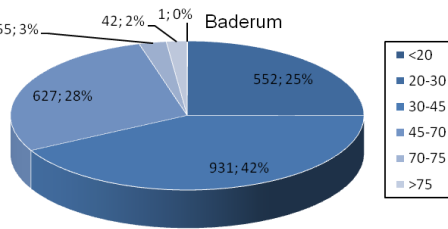
Figur 12.115: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



Figur 12.116: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2010.

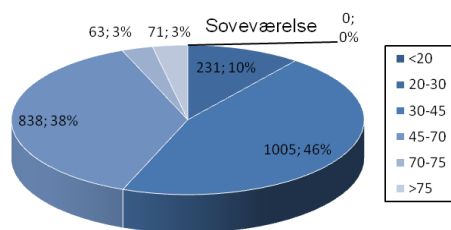


Figur 12.117: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

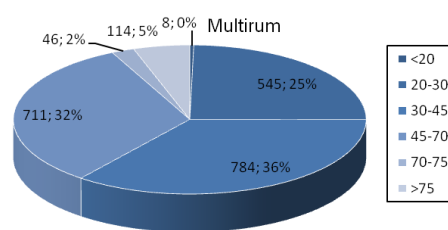


Figur 12.118: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.



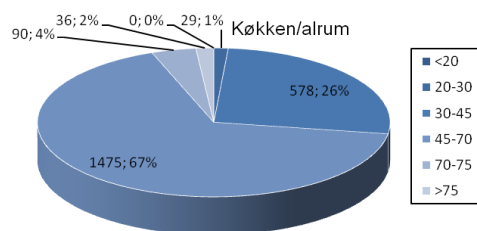


Figur 12.119: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

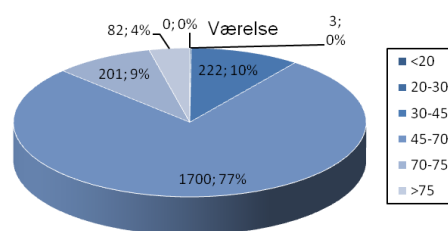


Figur 12.120: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2010.

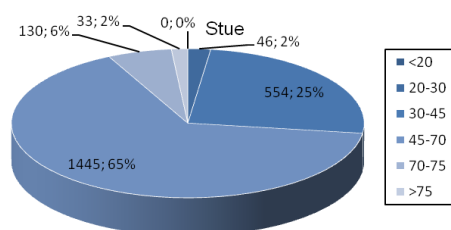
2011



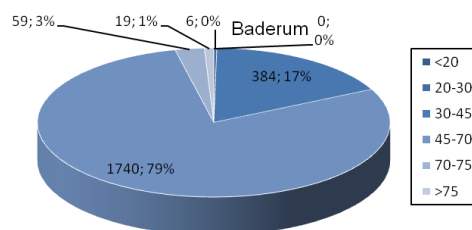
Figur 12.121: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



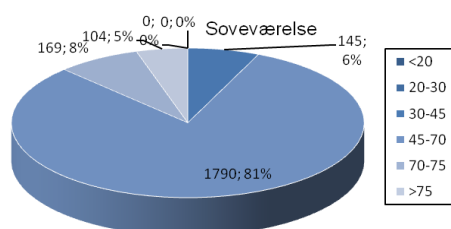
Figur 12.122: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i værelse i 2011.



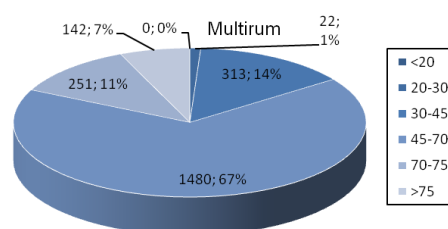
Figur 12.123: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 12.124: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



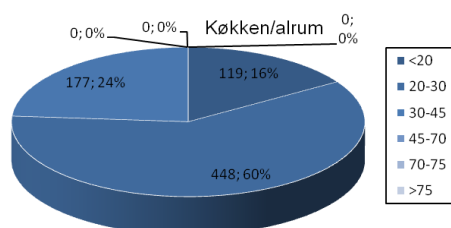
Figur 12.125: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



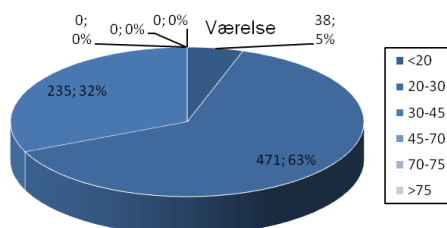
Figur 12.126: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i multirum i 2011.

## 12.2.2 Vintersituation

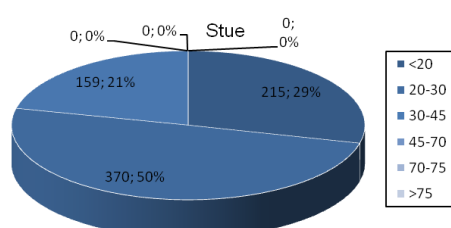
2009



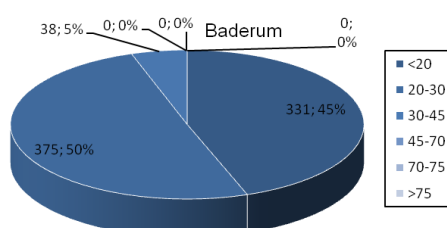
Figur 12.127: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



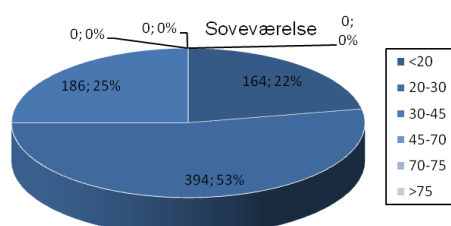
Figur 12.128: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2009.



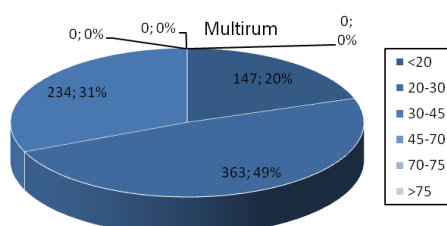
Figur 12.129: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 12.130: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

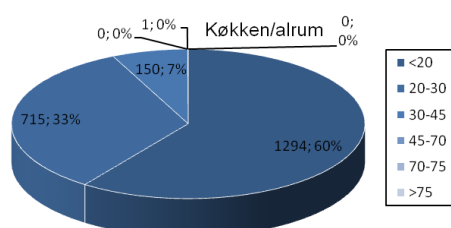


Figur 12.131: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

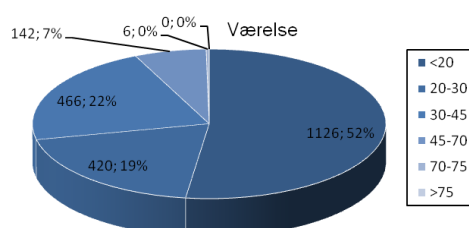


Figur 12.132: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2009.

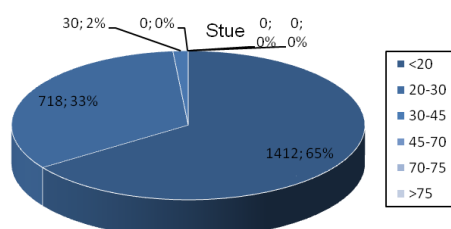
2010



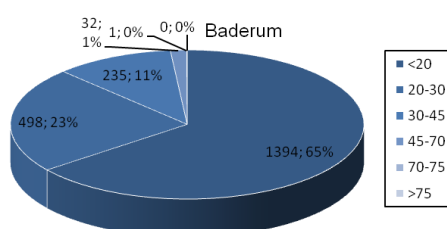
Figur 12.133: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



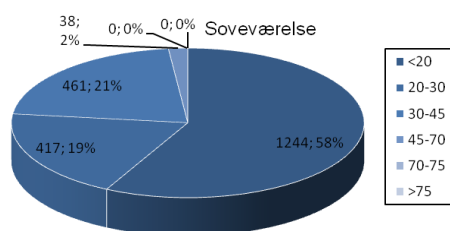
Figur 12.134: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2010.



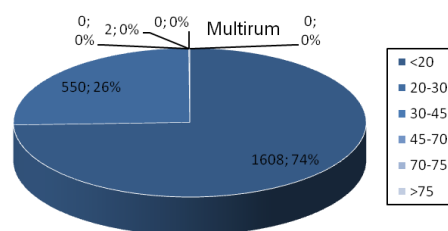
Figur 12.135: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 12.136: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

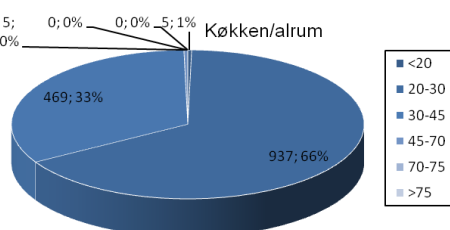


Figur 12.137: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

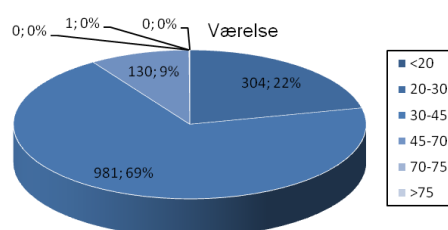


Figur 12.138: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2010.

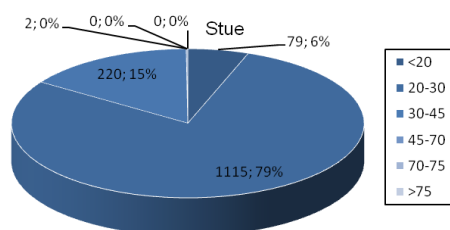
2011



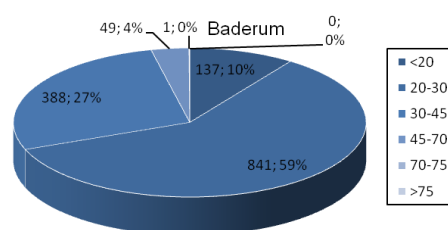
Figur 12.139: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



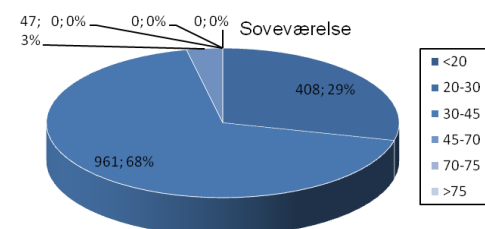
Figur 12.140: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i værelse i 2011.



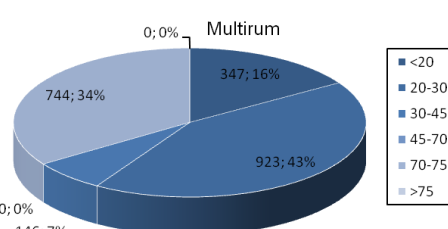
Figur 12.141: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 12.142: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



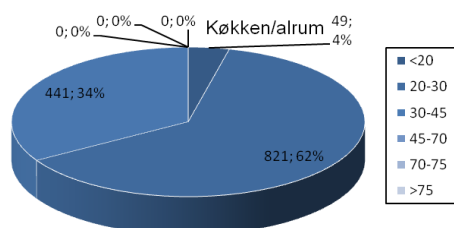
Figur 12.143: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.



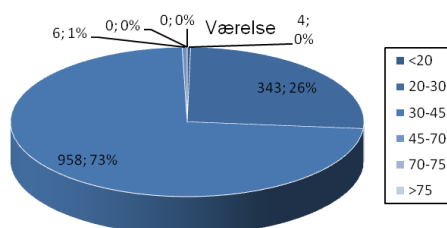
Figur 12.144: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i multirum i 2011.

## 12.2.3 Forårssituation

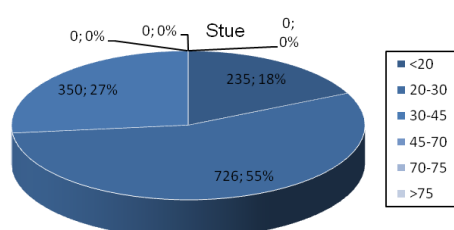
2009



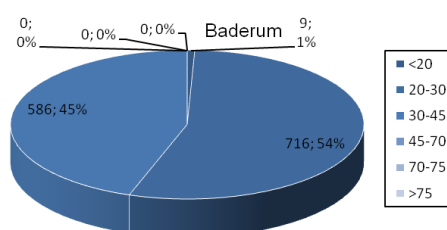
Figur 12.145: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



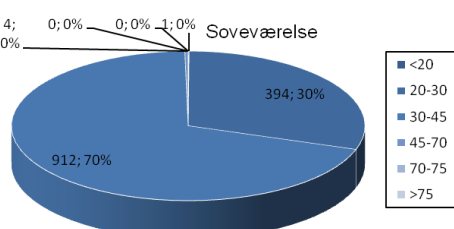
Figur 12.146: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2009.



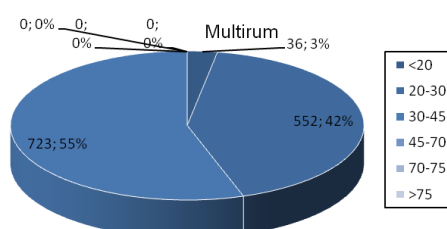
Figur 12.147: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 12.148: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

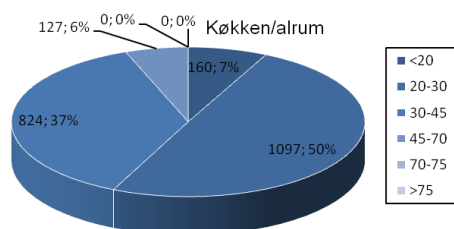


Figur 12.149: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

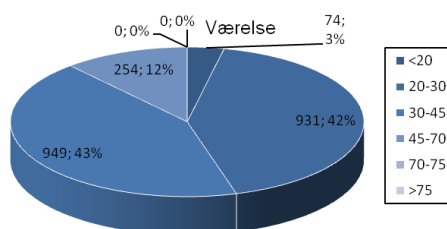


Figur 12.150: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2009.

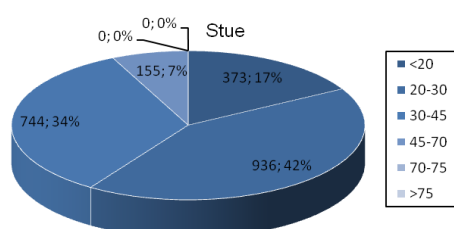
2010



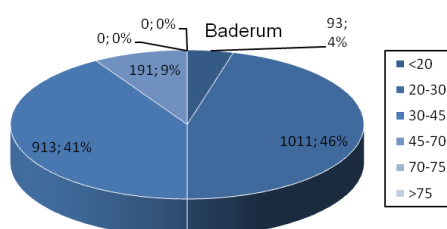
Figur 12.151: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



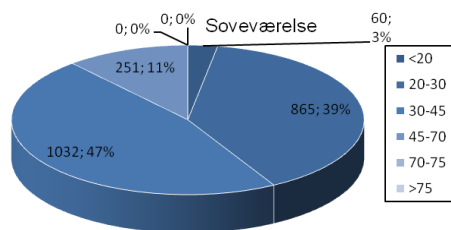
Figur 12.152: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2010.



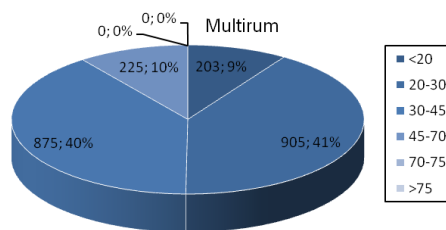
Figur 12.153: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 12.154: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

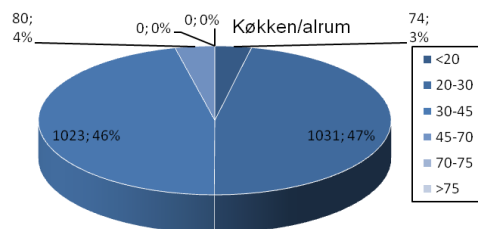


Figur 12.155: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

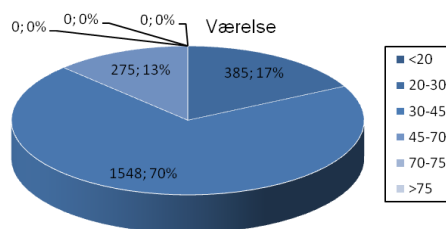


Figur 12.156: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2010.

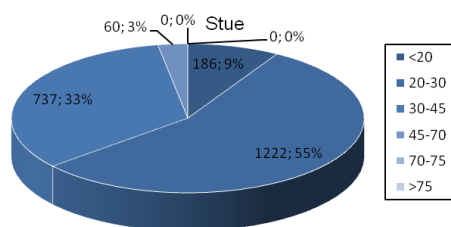
## 2011



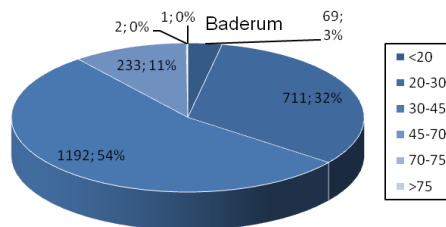
Figur 12.157: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



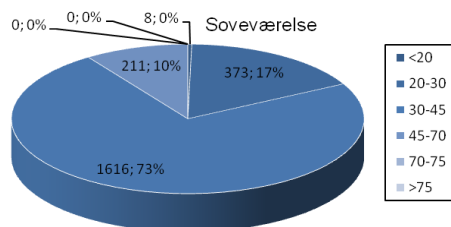
Figur 12.158: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i værelse i 2011.



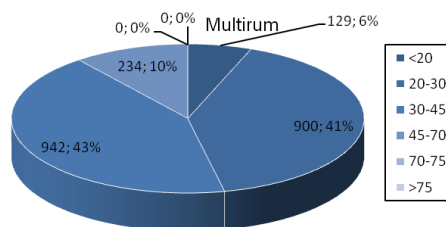
Figur 12.159: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 12.160: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



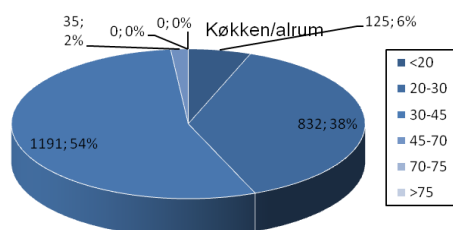
Figur 12.161: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.



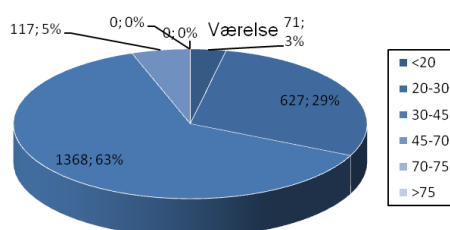
Figur 12.162: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i multirum i 2011.

## 12.2.4 Efterårssituation

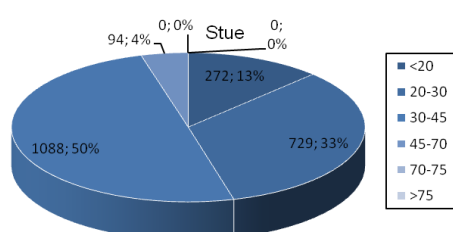
2009



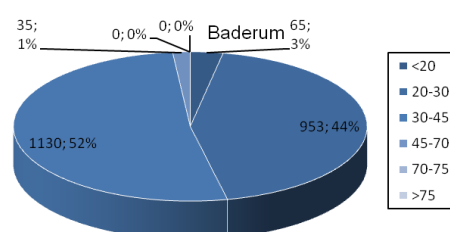
Figur 12.163: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



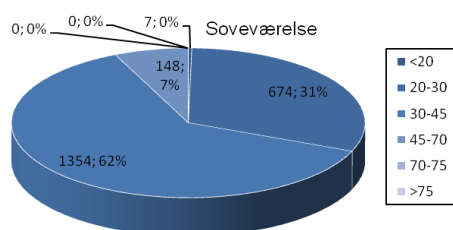
Figur 12.164: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2009.



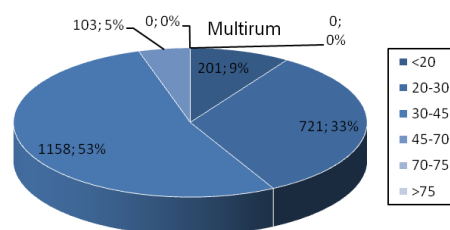
Figur 12.165: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 12.166: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

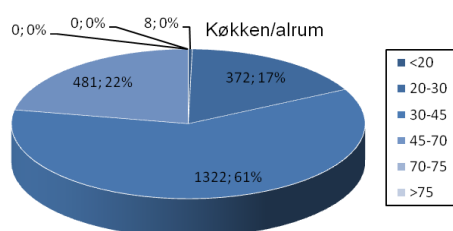


Figur 12.167: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

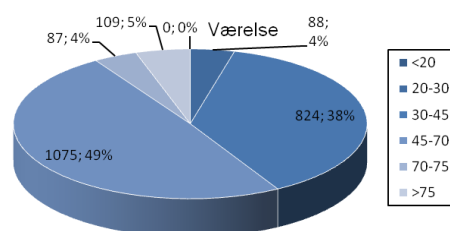


Figur 12.168: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2009.

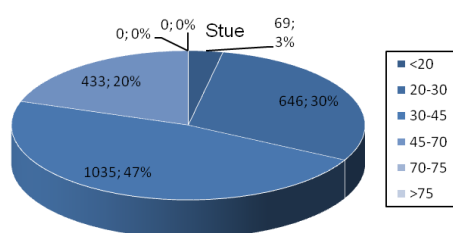
2010



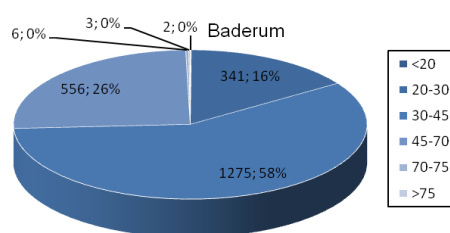
Figur 12.169: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



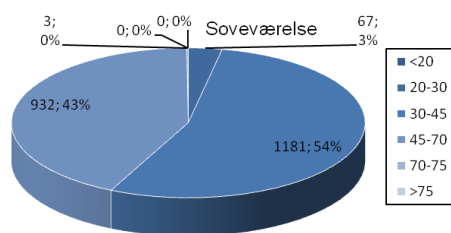
Figur 12.170: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2010.



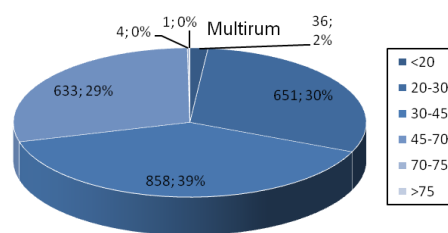
Figur 12.171: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.



Figur 12.172: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

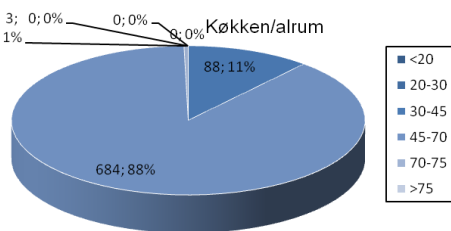


Figur 12.173: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

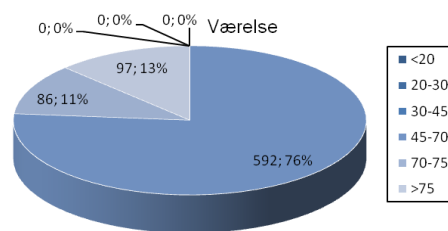


Figur 12.174: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2010.

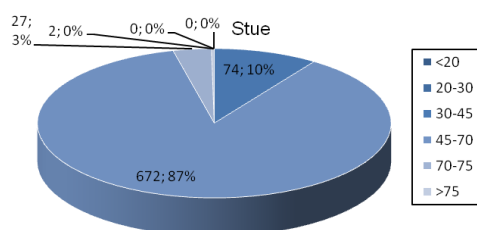
2011



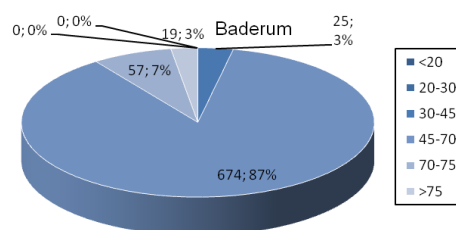
Figur 12.175: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



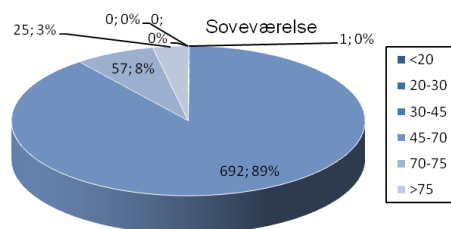
Figur 12.176: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i værelse i 2011.



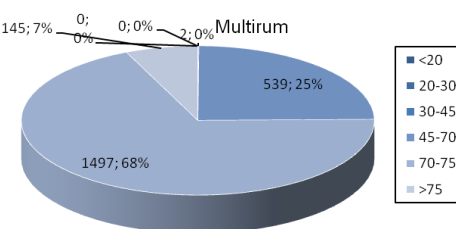
Figur 12.177: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.178: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.179: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.



Figur 12.180: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i multirum i 2011.

### 13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP

Der er for hvert hus i projektet genereret et kunstigt år med målte data. Disse data sammenlignes med beregninger foretaget med reelle vejrdato for et kunstigt år med vejrdato for samme måneder, som det kunstige år med forbrugsmålinger.

Vejrdato er genereret i Meteoronorm ud fra målinger i Billund. Da data for solindfald ikke forefindes i Billund, er data interpoleret ud fra målere i List, København og Tåstrup.

Da det fiktive år for februar måned bygger på en middel af december 2010 og januar 2011, er vejrdato ligeledes en middel af disse to måneder.

Med hensyn til heating og cooling load i PHPP, er disse værdier fastholdt på samme værdi som i oprindelig beregning.

For Stenagervænget 43 er følgende kunstige vejrdato brugt i PHPP:

Latitude	Longitude	Altitude	Daily Temperature Swing Summer
55,7°	9,2°	66m	8,5K

Month	j	f	m	a	m	j
Ambient temperature [°C]	0,3	-2,4	2,8	6,9	8,9	13,9
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	4	4	17	29	42	55
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	6	5	37	69	89	109
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	14	11	67	94	91	97
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	6	5	40	68	86	98
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	9	8	57	105	138	164
Dew point [°C]	-0,3	-2,7	-0,2	2,7	6,6	9,8
Sky temperature [°C]	-9,6	-13,2	-9,5	-5,2	0,4	4,8

Tabel 13.1: Vejrdato til PHPP for første halvår af kunstigt år.

Month	j	a	s	o	n	d
Ambient temperature [°C]	18,3	15,3	11,9	8,2	2,1	-5,1
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	49	35	22	13	5	3
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	106	77	53	26	8	3
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	97	94	84	58	22	8
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	91	78	54	31	11	4
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	158	121	78	40	14	6
Dew point [°C]	12,0	12,6	10,0	6,6	2,0	-5,0
Sky temperature [°C]	7,8	8,7	5,1	0,4	-6,2	-16,8

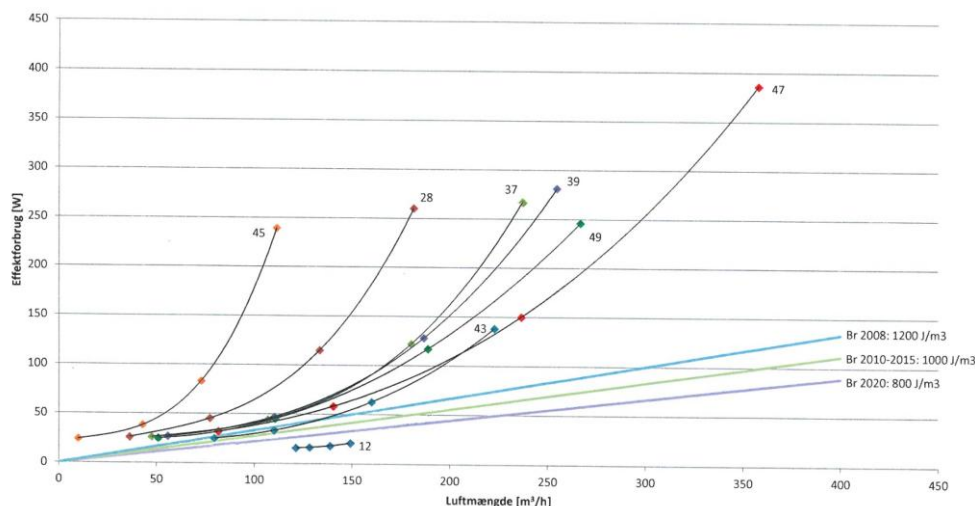
Tabel 13.2: Vejrdato til PHPP for sidste halvår af kunstigt år.





## 14. Bilag F – Ventilationmængde

Ventilationanlægget kører trinløst og derfor er der her lavet en funktion som beskriver luftmængden baseret på effektforbruget. Minimums- og maksimumsværdierne for anlægget (luftmængde og effektforbrug) er målt i huset, og ud fra disse data og data fra alle andre huse er funktionen fundet. Den er designet så den ligner de andre ventilator-karakteristikker, som også er vist på Figur 14.1.



Figur 14.1: Ventilator-karakteristikker for samtlige ventilationsanlæg i husene. De farvede linjer repræsenterer de forskellige krav der har været til SEL-værdien fra bygningsreglementet.

Den fundne funktion benyttes til at bestemme ventilationmængden i hus 43, som er brugt i flere analyser i denne rapport. Funktionen ses herunder.

$$7,55937 \cdot 10^{-2} \cdot [B_{EL\_08}]^3 - 2,77827 \cdot [B_{EL\_08}]^2 + 4,00911 \cdot [B_{EL\_08}]$$

hvor  $B_{EL\_08}$  er elforbruget for ventilatoren

I forhold til figuren er funktionen vendt om, så den afhænger af effektforbruget og ikke luftmængden, som det er vist på figuren. Bemærk at de angivne ventilator-karakteristikker på figuren ikke ender i koordinat (0,0). Dette kan skyldes den spænding i systemerne som er til stede, selvom der bliver slukket for luftmængden.





